

جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفنى
الإدارة المركزية لشئون الكتب

علم الأحياء
للصف الثالث الثانوى

إعداد

أ. حسن السيد الهراس — أ.د. أمين عرفان دويدار
أ.د. عدلى كامل فرج — أ.د. عبدالله محمد إبراهيم
أ. أحمد محفوظ كامل — أ.د. محمد عبدالحميد شاهين
أ. عبدالمنعم عبدالحميد الطنانى — أ. على حسن عبدالله

مراجعة

أ.د. فاطمة محمد مظهر

إشراف علمى
مستشار العلوم
د. عزيزة رجب خليفة

إشراف عام
د. أكرم حسن محمد
رئيس الإدارة المركزية لتطوير المناهج

٢٠٢٤ - ٢٠٢٥م

غير مصرح بتداول هذا الكتاب خارج وزارة التربية والتعليم والتعليم الفنى

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

لجنة إعداد الكتاب المطور

د. أحمد رياض السيد
أستاذ علم الحيوان

د. عبد المنعم أبو العطا
أستاذ علم النبات

أ. حسن السيد محرم
خبير بيولوجى

د. أمانى العوضى
خبير مركز تطوير المناهج

أ. شادية أحمد صديق
موجه عام سابق

مستشار العلوم
د. عزيزة رجب خليفة

طبعة ٢٠٢٤ - ٢٠٢٥م

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تقديم

انطلاقا من النهضة التعليمية التى تمر بها مصر فى الوقت الحالى، والمحاولة الجادة والمخلصة لتطوير التعليم بجميع مراحله، وبخاصة تطوير نظام الثانوية العامة بهدف التخفيف عن كاهل ابنائنا وبناتنا، وبهدف التركيز على الكيف فى التعليم وليس على الكم والاهتمام بتنمية قدرات الفهم والتحليل والابتكار، بدلا من الحفظ والاستظهار..

فقد تفضل الأستاذ الدكتور/ وزير التربية والتعليم بإعطاء توجيهاته لتطوير كتاب الأحياء ليفى بتحقيق أهداف مادة الأحياء دون تكرار أو تزييد فى تفاصيل غير جوهرية.

وقد كلف الأستاذ الدكتور وزير التربية والتعليم بتشكيل فريق عمل من أساتذة الجامعات لإنجاز هذه المهمة، وذلك بالتنسيق والتعاون مع موجهى وخبراء من الوزارة ومن الميدان، وبمشاركة بعض مؤلفى الكتاب.

وهكذا يظهر كتاب الأحياء فى شكله المطور، والذى نتمنى أن يساعد الطلاب والطالبات على استيعاب محتواه، ويحقق لهم النجاح والتفوق.

وقد قام المركز الاستكشافى للعلوم بالتجهيزات الفنية والإخراج الفنى لهذا الكتاب طبقاً للمواصفات العالمية للكتب الدراسية المطورة. مع مراعاة ألا يزيد عدد الأسطر فى الصفحة الواحدة عن ٢٤ سطر لإراحة العين، والإكثار من الصور المعبرة عن المادة العلمية، واستخدام كود ألوان لتحديد المفاهيم الهامة والتطبيقات المختلفة والأمثلة المحلولة، والاهتمام بتصميم الغلاف كعامل جذب للطالب.

ونتمنى أن يحقق الكتاب بصورته الجديدة النجاح لأبنائنا..

والله ولى التوفيق
لجنة التطوير

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

محتوى الكتاب

الـموضوع		الصفحة
الفصل الأول	الدعامة والحركة	٥
الفصل الثاني	التنسيق الهرموني	٢٣
الفصل الثالث	التكاثر	٣٩
الفصل الرابع	المناعة	٧٧
الفصل الخامس	الحمص النووي DNA	١٠٣
الفصل السادس	الأحماض النووية وتخليق البروتين	١٢١
الفصل السابع	الأحياء وعلوم الأرض	١٤٣

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



الباب الأول

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الأول

الدعامة والحركة فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادر على أن:

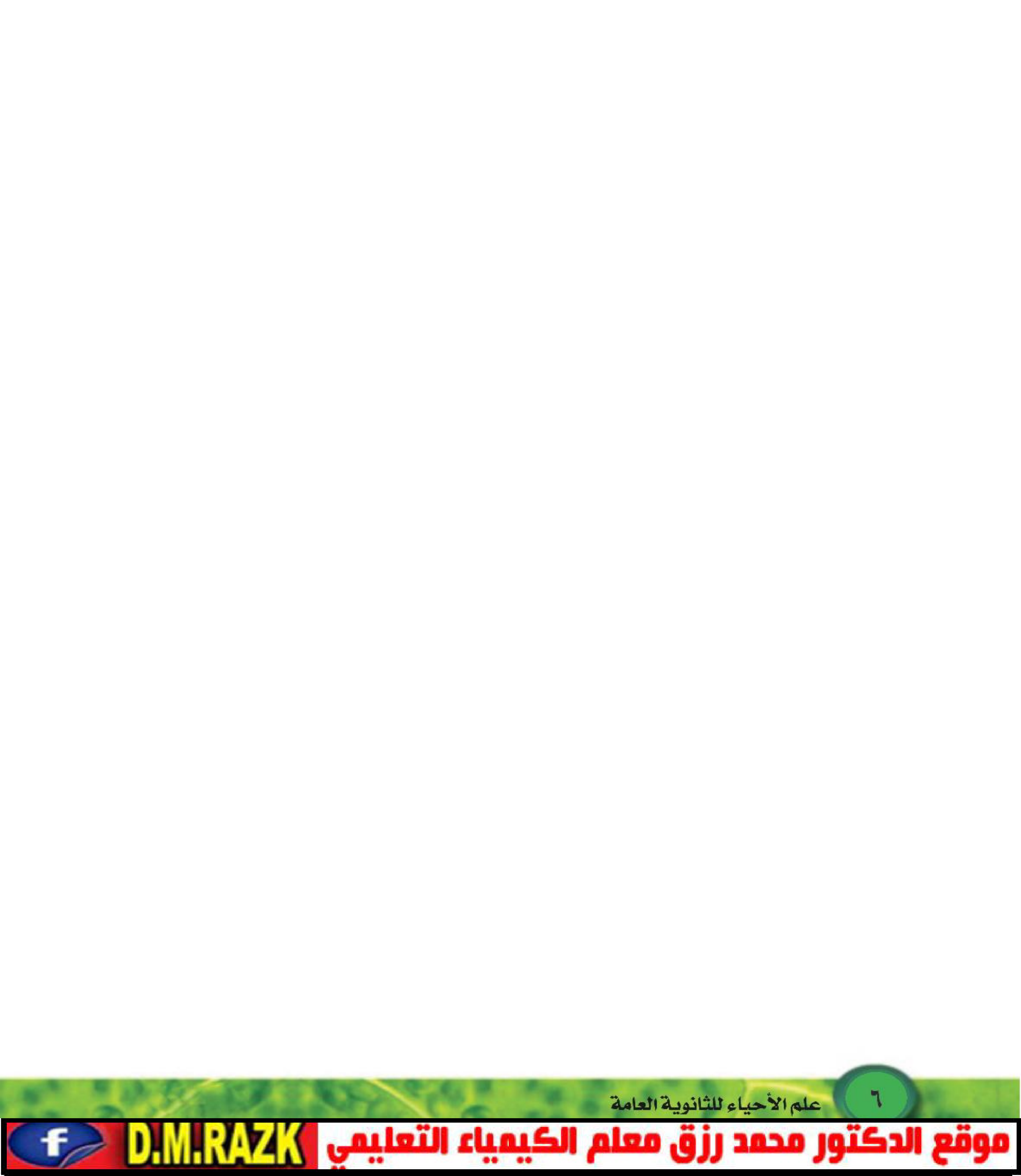
- يتعرف مفهوم الحركة فى الكائنات الحية .
- يتعرف مفهوم الدعامة فى الكائنات الحية.
- يفسر سبب التفاف المحاليق حول الدعامة .
- يفرق بين الشد فى المحاليق وفى جذور الكورمات والابصال .
- يذكر وظائف الجهاز العضلى فى الانسان .
- يتعرف تركيب العضلة.
- يفسر آلية الحركة .
- يوضح التآزر بين الأجهزة الثلاث «الهيكلى والعصبى والعضلى».
- يتعرف الوحدة الحركية التى تعتبر الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.
- يفسر سبب اجهاد العضلة .
- يكتسب مهارة :

أ - التعبير بالرسم مثل رسم الفقرة العظمية .

ب - الفحص المجهري لحركة السيتوبلازم فى خلايا ورقة نبات الالوديا.

جـ - الربط بين التركيب والوظيفة فى الهيكل العظمى والجهاز العضلى .

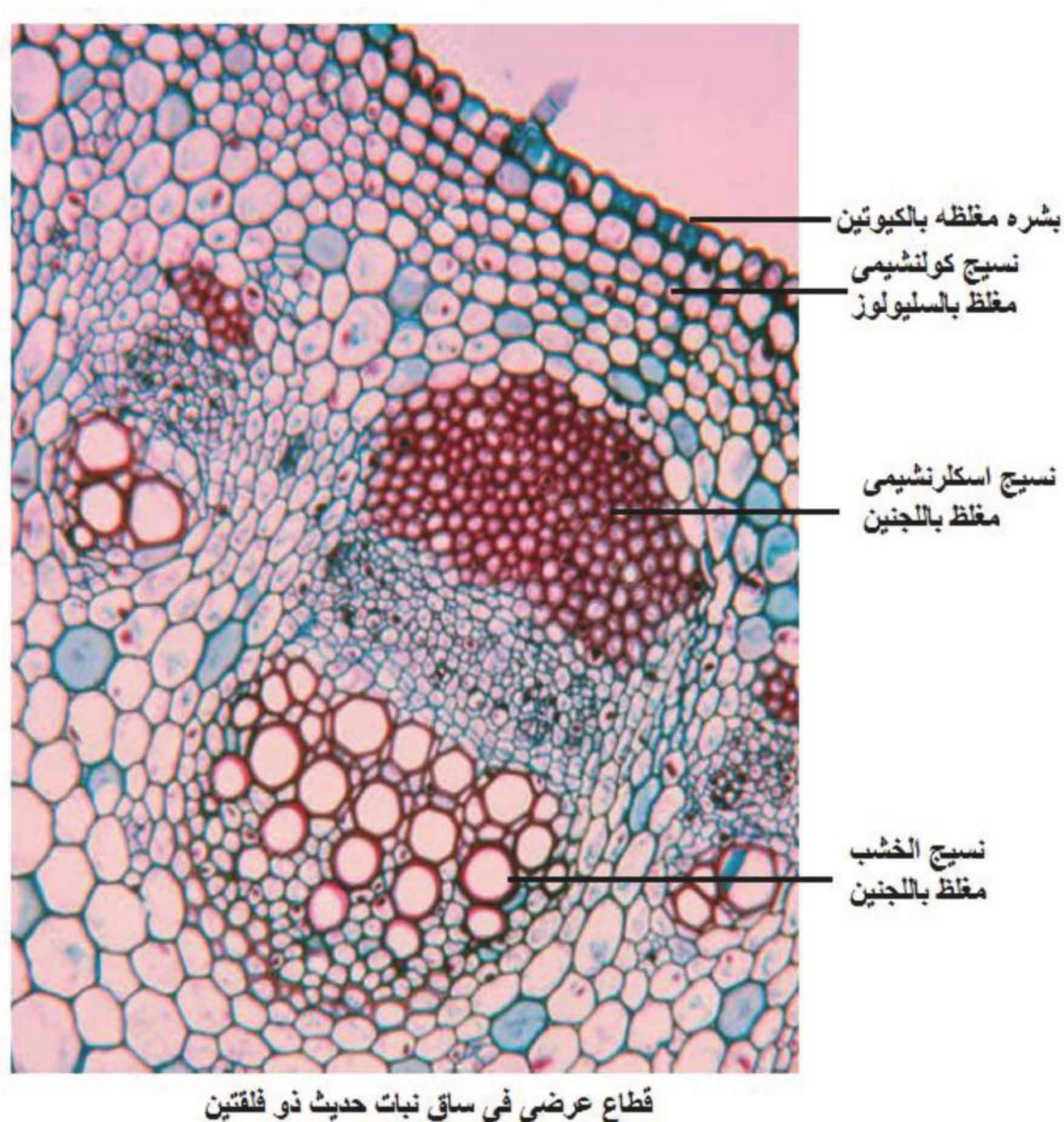
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الدعامة في النبات

يلجأ النبات إلى وسائل كثيرة لدعمه منها أن يرسب بعض المواد في جدرخلاياه فلكي تحافظ خلايا النبات الخارجية على أنسجة النبات الداخلية وتحول دون فقد الماء من خلالها فان النبات قد يزيد من سمك جدر خلايا البشرة وخاصة الخارجية منها بأن يرسب عليها مادة الكيوتين غيرالمنفذة للماء أو يحيط النبات نفسه بطبقة من خلايا فلينية غير منفذة للماء مرسب فيها مادة السوبرين . وقد يرسب النبات في جدر خلاياه أو فى أجزاء منها مادة السليلوزأواللجنين ليكسبها صلابة وقوة مثل الخلايا الكولنشيمية وكذلك الخلايا الاسكلرنشيمية كما أن موقع هذه الخلايا وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.



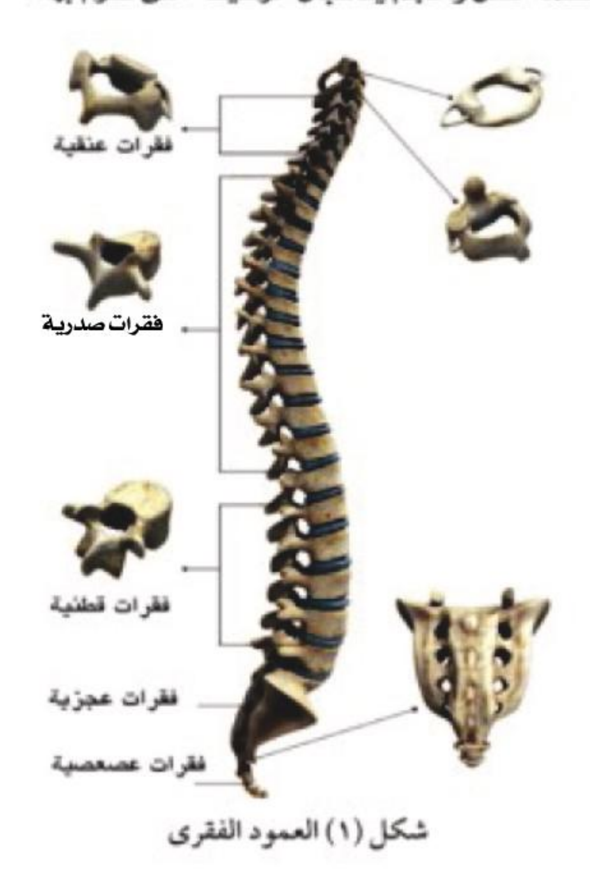
قطاع عرضى فى ساق نبات حديث ذو فلقتين

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الجهاز الهيكلى فى الإنسان

يتكون الجهاز الهيكلى من الهيكل العظمى، الغضاريف والمفاصل والأربطة والأوتار

أولا : الهيكل العظمى يتكون من ٢٠٦ عظمة ولكل عظمة شكل وحجم يناسبان الوظيفة التى تقوم بها، ويتكون الهيكل العظمى من محور يعرف بالعمود الفقرى يتصل طرفه العلوى بالجمجمة. كما يتصل به فى منطقة الصدر القفص الصدرى والطرفان العلويان بواسطة عظام الكتف. أما الطرفان السفليان فيتصلان بالعمود الفقرى من أسفل بواسطة عظام الحوض، ويطلق على العمود الفقرى وعظام الجمجمة والقفص الصدرى «الهيكل المحورى». أما الأحزمة والأطراف الأربعة فيطلق عليها «الهيكل الطرفى».



شكل (١) العمود الفقرى

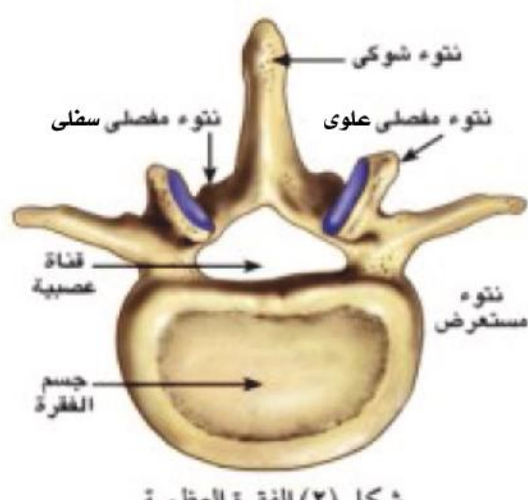
(أ) الهيكل المحورى: يتكون من

(١) العمود الفقرى: يتكون من ٣٣ فقرة تقسم إلى خمس مجموعات وتختلف فى الشكل تبعا لمنطقة وجودها وهى عبارة عن ٧ فقرات عنقية متمفصلة (حجمها متوسط)، ١٢ فقرة صدرية متمفصلة (أكبر حجما من سابقتها)، ٥ فقرات قطنية متمفصلة (أكبرها جميعا وتواجه تجويف البطن) ٥ فقرات عجزية (عريضة ومفلطحة وملتحمة معا)، ٤ فقرات عصعصية (صغيرة الحجم وملتحمة معا) (شكل١).

- يعمل العمود الفقارى كدعامة رئيسية للجسم وحماية الحبل الشوكى ويساعد فى حركة الرأس والنصف العلوى من الجسم.

تركيب الفقرة العظمية

- تتكون الفقرة من جزء أمامى سميك «جسم الفقرة» يتصل به من الجانبين زائدتان عظميتان «النتوءان المستعرضان» كما يتصل به من الخلف حلقة عظمية «الحلقة الشوكية» وتحمل زائدة



شكل (٢) الفقرة العظمية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

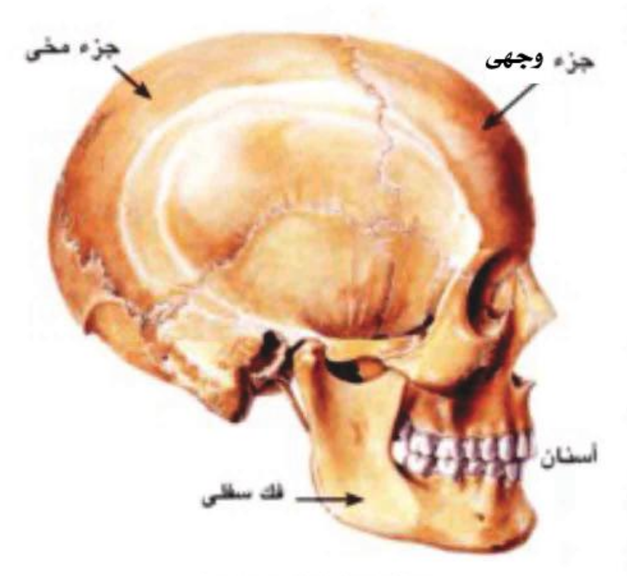


خلفية مائلة إلى أسفل تعرف (بالنتوء الشوكى) (شكل ٢).

- تحيط الحلقة العصبية بقناة عصبية يمتد بداخلها الحبل الشوكى لحمايته.

(٢) الجمجمة: علبة عظمية تتكون من:

١- جزء خلفى (الجزء المخى) يتكون من ٨ عظام تتصل ببعضها عند أطرافها المسننة اتصالات متينة وتشكل هذه العظام تجويفاً يستقر فيه المخ لحمايته، ويوجد فى قاع الجزء المخى ثقب كبير يتصل من خلاله المخ بالحبل الشوكى (شكل ٣).



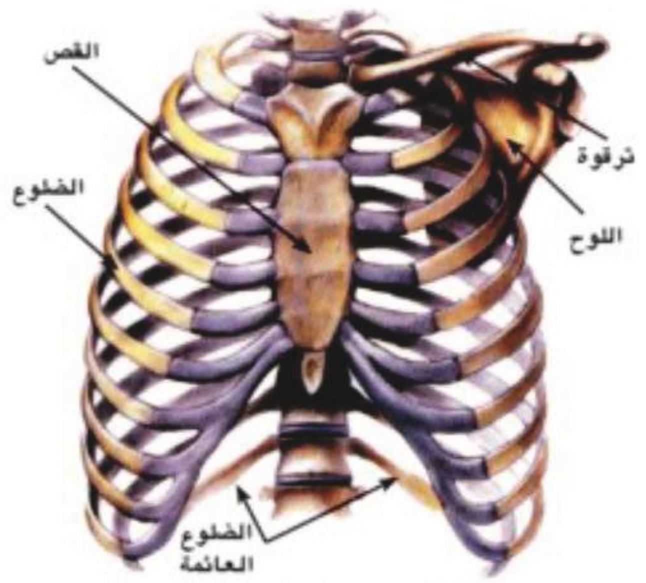
شكل (٣) الجمجمة

٢- جزء أمامى (الجزء الوجهى) ويشمل عظام الوجه والفكين ومواضع أعضاء الحس (الأذنان والعينان والأنف)، وهو يتكون من ١٤ عظمة.

(٣) القفص الصدري:

علبة مخروطية الشكل تقريبا تتكون من عظمة القص (عظمة امامية مفلطحة ومدببة من أسفل وجزءها السفلي غضروفي) وأثنتا عشر زوجا من الضلوع (شكل ٤) عشر أزواج منها تصل بين الفقرات الصدرية وعظمة القص وزوجان قصيران لا يتصلان بالقص وهي تسمي "الضلوع العائمة"

والضلع عظمة مقوسة تنحني لاسفل وتتصل من الخلف بجسم الفقرة ونتوءها المستعرض. ويعمل القفص الصدري على حماية القلب والرئتين.



شكل (٤) القفص الصدرى

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(ب) الهيكل الطرفى: يتكون من

(١) الحزام الصدرى والطرفان العلويان:



شكل (٥) الطرف العلوى

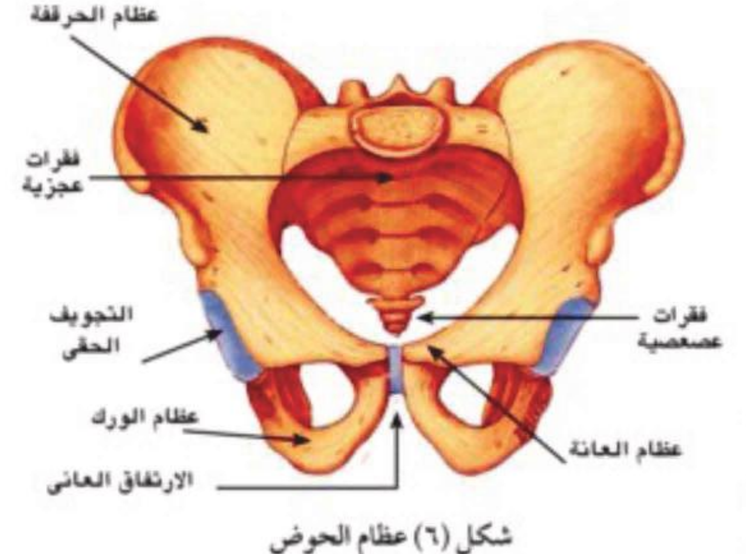
يتركب الحزام الصدرى من نصفين متماثلين ويتركب كل نصف من لوح الكتف وهو عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلى عريض والخارجى مدبب به نتوء تتصل به (الترقوة) وهى عظمة باطنية رفيعة.. ويوجد عند الطرف الخارجى لعظمة لوح الكتف التجويف الأروح الذى يستقر فيه رأس عظمة العضد مكوناً المفصل الكتفى.

يتكون الطرف العلوى من: العضد والساعد (الزند والكعبرة)

- وبالطرف العلوى للزند تجويف يستقر فيه النتوء السفلي للعضد - والكعبرة أصغر حجما وتتحرك حركة نصف دائرية حول الزند الثابت وعظام اليد التى تتكون من :

- الرسغ يتكون من ٨ عظام فى صفين يتصل طرفها العلوى (بالطرف السفلى للكعبرة)، والطرف السفلى بعظام راحة اليد (شكل ٥) .

- عظام راحة اليد تتكون من ٥ عظام رفيعة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة التى يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة عدا إصبع الإبهام فيتكون من سلاميتين فقط .



شكل (٦) عظام الحوض

(٢) الحزام الحوضى والطرفان السفليان:

تتكون عظام الحوض (شكل ٦) من نصفين متماثلين يتصلان فى الناحية الباطنية فى منطقة تسمى بالارتفاق العانى ويتكون كل نصف منهما من عظمة الحرقفة الظهرية التى تتصل من الناحية الأمامية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



الباطنية بعظمة العانة، ومن الناحية الخلفية الباطنية بعظمة الورك وعند موضع اتصال عظام الحرقفة والورك والعانة يوجد تجويف عميق يسمى «التجويف الحقى» يستقر فيه رأس عظمة الفخذ ليكون مفصل الفخذ وتلتحم عظام كل نصف ببعضها مكونة عظمة واحدة

يتكون **الطرف السفلي** من عظمة الفخذ والتى يوجد بأسفلها نتوءان كبيران يتصلان بالساق عند «المفصل الركبى».

والساق تتكون من عظمتين إحداهما داخلية «القصبة» والثانية خارجية «الشظية» - وأمام مفصل الركبة عظمة صغيرة مستديرة تسمى «الرضفة».

وعظام القدم تتكون من رسغ القدم الذى يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها هى العظمة الخلفية التى تكون كعب القدم

- ومشط القدم يتكون من ٥ عظام رفيعة وطويلة وينتهى كل منها بالأصبع الذى يتكون من ٣ سلاميات رفيعة عدا الإبهام فله سلاميتان فقط (شكل ٧).



عظام الطرف السفلي

شكل (٧) الطرف السفلي

ثانياً : الغضاريف :

نوع من الأنسجة الضامة ، تتكون من خلايا غضروفية وتوجد غالبا عند أطراف العظام وخاصة عند المفاصل وبين فقرات العمود الفقاري ، وذلك لحماية العظام من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر ، وتوجد الغضاريف في الأذن الخارجية والأنف وجدار القصبة الهوائية ولا تحتوى الغضاريف على أوعية دموية ، لذا تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالإنتشار

ثالثاً : المفاصل:

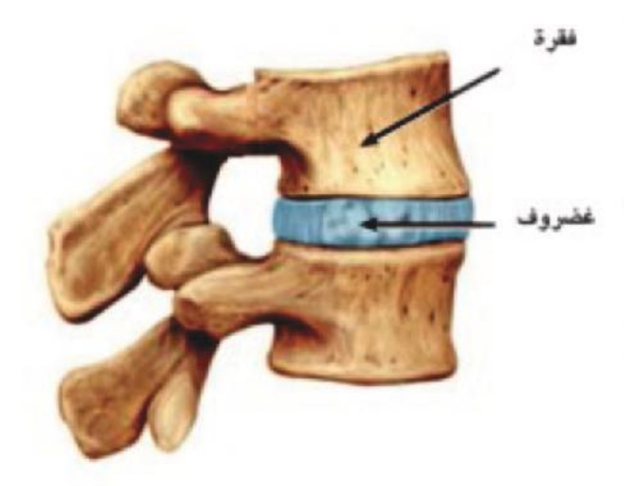
يوجد في الهيكل العظمى ثلاثة أنواع من المفاصل هى المفاصل الليفية والمفاصل الغضروفية والمفاصل الزلالية

١- **المفاصل الليفية** : تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية ومعظمها لا تسمح بالحركة ، ومع تقدم العمر يتحول النسيج الليفي الى نسيج عظمي ، كما فى عظام الجمجمة التى ترتبط ببعضها من خلال أطرافها المسننة

٢- **المفاصل الغضروفية** : هى مفاصل تربط بين نهايات بعض العظام المتجاورة ، ومعظمها تسمح بحركة محدودة جدا مثل المفاصل الغضروفية التى توجد بين أجسام فقرات العمود الفقارى (شكل ٨).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣- **المفاصل الزلالية :** تشكل معظم مفاصل الجسم ، ويغطى سطح العظام المتلامسة في المفاصل بطبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة وملساء مما يسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك وهى من المفاصل المرنة التى تتحمل الصدمات وتحتوى هذه المفاصل على سائل مصلي أو زلالي تسهل من انزلاق الغضاريف التى تكسو أطراف العظام



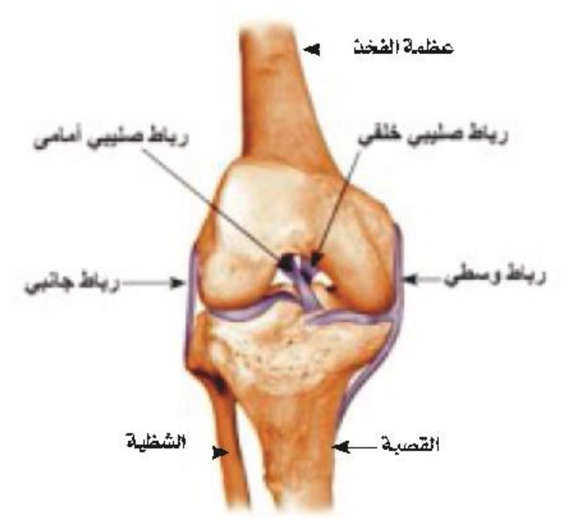
شكل (٨) المفاصل الغضروفية

من أمثلة المفاصل الزلالية :

- مفصل الكوع ومفصل الركبة وهى من المفاصل محدودة الحركة لأنها تسمح بحركة أحد العظام في اتجاه واحد فقط
- مفصل الكتف ومفصل الورك وهي من المفاصل واسعة الحركة التى تسمح بحركة العظام في اتجاهات مختلفة

رابعا : الأربطة :

عباره عن حزم منفصلة من النسيج الضام الليفي ، تثبت أطرافها على عظمتى المفصل ، حيث تعمل على ربط العظام ببعضها عند المفاصل وتحديد حركة العظام فى الاتجاهات المختلفة ، وتتميز ألياف الأربطة بمتانتها القوية ووجود درجة من المرونة تسمح بزيادة طولها قليلا حتى لا تنقطع في حالة تعرض المفصل لضغط خارجي ، ولكن في بعض الحالات قد يحدث تمزق للأربطة عند حدوث التواء في بعض المفاصل كما في الرباط الصليبي فى مفصل الركبة



شكل (٩) الأربطة فى مفصل الركبة

خامسا : الأوتار :

عبارة عن نسيج ضام قوى يعمل على ربط العضلات بالعظام عند المفاصل ، بما يسمح للحركة عند انقباض وانبساط العضلات ، ومن أمثلة ذلك وتر أخيل الذي يصل العضلة التوأمية (عضلة بطن الساق)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



بعظمة الكعب ، وفي بعض الأحيان يتمزق هذا الوتر بسبب مجهود عنيف أو تقلص العضلات المفاجئ ، وانعدام المرونة في العضلات ، ومن أعراض تمزق وتر أخيل هو عدم القدرة على المشى وتورم في منطقة الإصابة والام حادة ، ويعالج بالأدوية المضادة للالتهابات والمسكنة للألام ، واستخدام جبيرة طبية ، أما التدخل الجراحي فلا يحدث إلا إذا كان تمزق الوتر كاملا .



شكل (١٠) وتر أخيل

الحركة فى الكائنات الحية

الحركة: ظاهرة تميز جميع الكائنات الحية، والحركة فى الكائن الحى لها أنواع عديدة، فهناك حركة دائبة داخل كل خلية من خلايا الكائن الحى تسير نشاطاته الحيوية كالحركة السيتوبلازمية وهناك حركة موضعية لبعض أجزاء الكائن الحى كالحركة الدودية في امعاء الفقاريات وهناك حركة كلية يتحرك بها الكائن الحى من مكان إلى آخر بحثا عن الغذاء أو سعيا وراء الجنس الأخر أو تلافيا لخطر فى بيئته.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أولا: الحركة فى النبات Locomotion in plant

تتأثر أوراق بعض النباتات باللمس فتتحرك استجابة لهذا المثير. فعند لمس وريقة نبات المستحية فإنها تتدلى كما لو كان أصابها الذبول، وتعرف هذه الحركة بالحركة كاستجابة للمس.



شكل (١١) حركة المحاليق

كما أن نفس النبات وبعض البقوليات تتقارب وريقاتها إذا ما أقبل الليل وبتوالى النور والظلام تحدث فى الوريقات حركة انبساط وحركة تقارب أى حركة يقظة ونوم ولهذا تسمى هذه بحركة النوم.

كما أن جميع النباتات تتميز بحركة انتحاء وهى استجابات مختلف أجزاء النبات بتأثير الضوء والرطوبة والجاذبية.

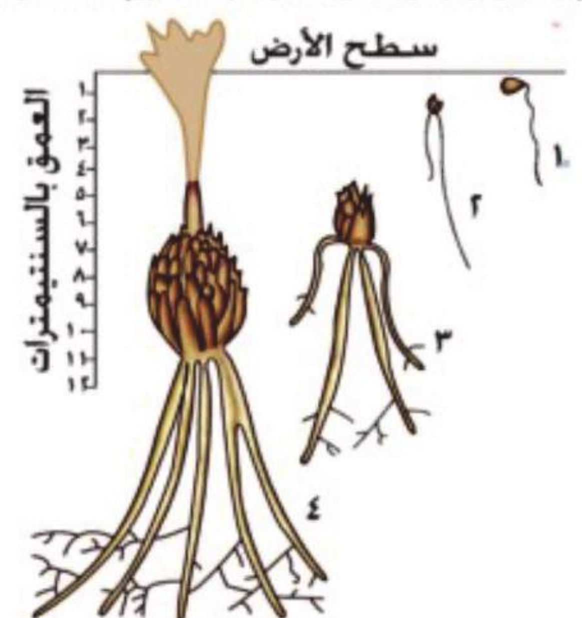
ونضيف إلى ما سبق دراسته فى الإحساس. الحركة عن طريق الشد، وحركة السيتوبلازم داخل الخلية.

حركة الشد:

تظهر حركة الشد فى محاليق النباتات المتسلقة كالبازلاء وفى جذور الكورمات والأبصال. ويبدأ الحالق عمله بأن يدور فى الهواء حتى يلمس جسما صلبا، وبمجرد اللمس يلتف حول هذا الجسم الصلب ويوثق التصاقه به، ثم يتموج ما بقى من أجزاء الحالق فى حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة أى يشدها إلى الدعامة فيستقيم الساق رأسيا، وبعد ذلك يتغلظ الحالق بما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوى ويشتد. أما إذا لم يجد الحالق فى حركته الدورانية ما يلتصق به فإنه يذبل ويموت.

ويلاحظ أن سبب حركة المحلاق حول الدعامة هو بطء نمو المنطقة التى تلامس الدعامة على حين يسرع نمو المنطقة التى لا تلامسه فتستطيل مما يؤدى إلى التفاف الحالق حول الدعامة (شكل ١١).

أما فى الكورمات والأبصال فتوجد الجذور الشادة

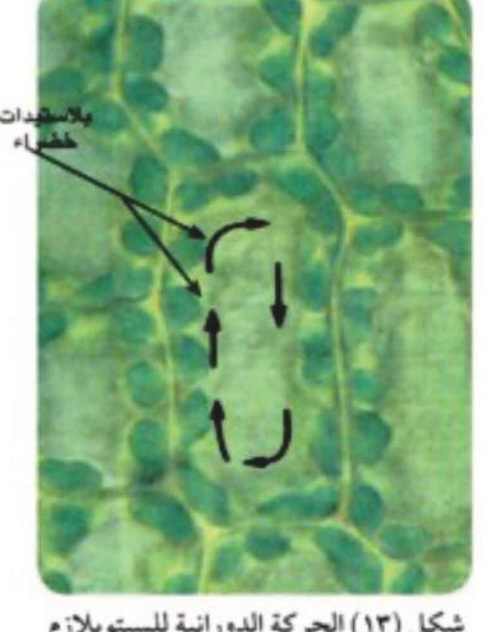


شكل (١٢) حركة الشد فى الجذور لأبصال النرجس

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

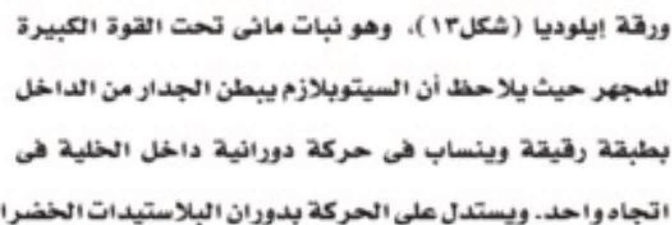
أسفلها، ولذلك تستطيع بتقلصها أن تشد النبات إلى أسفل فتهبط بالكورمة والبصلة إلى المستوى الطبيعي الملائم. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائما على بعد ملائم عن سطح الأرض يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد الرياح (شكل ١٢).

الحركة الدورانية السيتوبلازمية:



شكل (١٣) الحركة الدورانية للسيتوبلازم

من أهم خصائص السيتوبلازم الحي أنه يتحرك فى دوران مستمر داخل الخلية، ويتضح لنا ذلك جليا إذا فحصنا خلية



ورقة إيلوديا (شكل١٣)، وهو نبات مائى تحت القوة الكبيرة للمجهر حيث يلاحظ أن السيتوبلازم يبطن الجدار من الداخل بطبقة رقيقة وينساب فى حركة دورانية داخل الخلية فى اتجاه واحد. ويستدل على الحركة بدوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة فى السيتوبلازم، محمولة فى تياره.

ثانيا: الحركة فى الإنسان

ولما كان الإنسان أرقى الكائنات الحية فسنتناول بالدراسة فيما يلى الحركة فى الإنسان كمثال للثدييات، والتي تعتمد على ثلاثة أجهزة هى الجهاز الهيكلى والجهاز العضلى والجهاز العصبى

الجهاز العضلى Muscular System

الجهاز العضلى عبارة عن مجموع عضلات الجسم التى بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة. ويتركب الجهاز العضلى من وحدات تركيبية تسمى العضلات Muscles ، وهى عبارة عن مجموعة من الأنسجة العضلية والتى سبق دراستها فى مقرر الأحياء بالسنة الأولى - وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر وهى عادة ما تعرف (باللحم). و عدد عضلات الجسم يمكن تقديرها بحوالى ٦٢٠ عضلة أو اكثر.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

وظائف العضلات:

تتميز العضلات بأنها خيطية الشكل بوجه عام، ولها القدرة على الانقباض والانبساط، والانقباض العضلى ضرورى لتأدية العديد من الوظائف ومنها:

- الانتقال من مكان إلى مكان آخر.
- استمرار تحرك الدم فى الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم داخل هذه الأوعية الدموية عن طريق انقباض العضلات الملساء (اللاإرادية) الموجودة فى جدرانها.

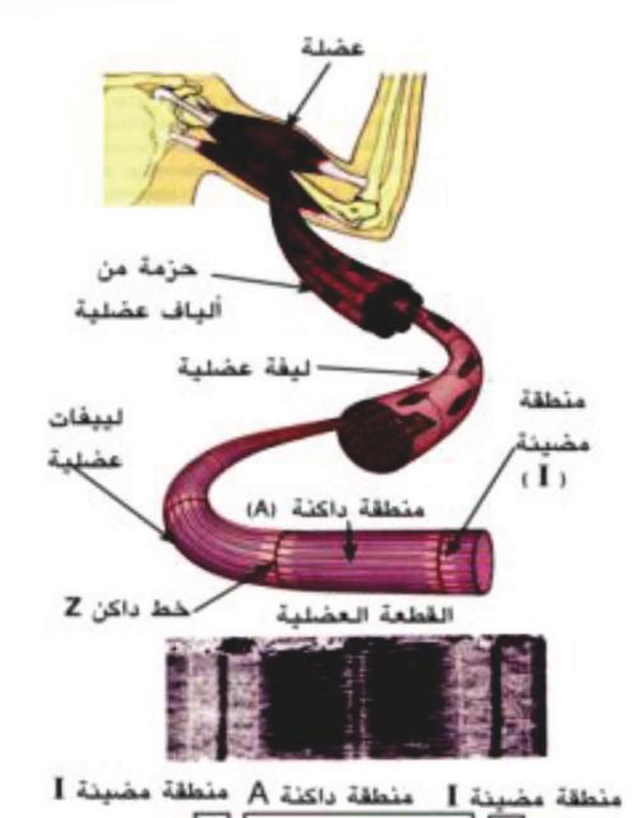
تركيب العضلة الهيكلية:

كما سبق ودرست فإن العضلة الهيكلية تتركب من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers ، وكل ليفة (خلية) عضلية تحتوى على مجموعة من لييفات عضلية Myofibrils يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين لييفة مرتبة طوليا وموازية للمحور الطولى للعضلة وتحتوى الليفة العضلية على عدد كبير من الأنوية. وتتكون من:

أ - المادة الحية (البروتوبلازم) والسيتوبلازم فى العضلات يعرف بالساركوبلازم Sarcoplasm

ب - غشاء خلوى يحيط بالساركوبلازم يعرف بالساركوليما Sarcolemma

جـ- الألياف العضلية دائما توجد فى مجموعات تعرف بالحزم العضلية تحاط بغشاء يعرف بغشاء الحزمة.



شكل (١٤) تركيب العضلات الهيكلية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



د- كل لييفة عضلية تتكون من :

١- مجموعة من الأقراص (المناطق المضيئة) يرمز لها بالرمز (I)، يقطعها فى منتصفها خط داكن يرمز له بالرمز (Z) وتتكون هذه الأقراص المضيئة من خيوط بروتينية رفيعة تسمى أكتين **Actin**.

٢- مجموعة من الأقراص (المناطق) الداكنة يرمز لها بالرمز (A) وفى منتصف كل منطقة توجد منطقة شبه مضيئة يرمز لها بالرمز (H) وتتكون هذه المناطق شبه المضيئة من نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة ويعرف بالميوسين **Myosin** (شكل ١٤)

٣- المسافة بين كل خطين متتالين (Z) الموجودة فى منتصف المناطق المضيئة تعرف بالقطعة العضلية **Sarcomere**

- وتلاحظ أن المناطق الداكنة والمضيئة توجد فقط فى العضلات الهيكلية والعضلات القلبية ولهذا جاءت التسمية بالعضلات المخططة وغير موجودة فى العضلات الملساء ولذلك سميت بالعضلات غير المخططة.

الانقباض العضلى:

تمتاز العضلات بقدرتها على الانقباض والانبساط، ولذلك فهى المسئولة عن الحركات المختلفة للجسم. ولكى يتم ذلك على أصول متناسقة لابد من تعاون ثلاثة أجهزة رئيسية هى:

أ - الجهاز الهيكلى (العظمى): هو يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات من جهة ويعمل كدعامة للأطراف المتحركة من جهة أخرى ولذا فالمفاصل لها دور مهم فى حركة أجزاء الجسم المختلفة.

ب- الجهاز العصبى: هو الذى يعطى الأوامر (على شكل سيالات عصبية) للعضلات فيتم الاستجابة تبعا لذلك بالانقباض أو الانبساط.

جـ- الجهاز العضلى: هو المسئول عن الحركة وغالبية العضلات يسيطر عليها الجسم وتسمى بالعضلات الارادية (الهيكلية أو المخططة) وتشمل معظم عضلات الجسم، وبعضها لا يستطيع الإنسان التحكم فيها تماما وتسمى لا إرادية كالعضلات الملساء وعضلة القلب.

وبناء على ما سبق لابد من الإجابة على الأسئلة التالية كيف تنقبض العضلة؟ وما تأثير السيالات العصبية على العضلة وفسيولوجية إستجابتها للحفز العصبى؟ وكيف يتم التناسق والتآزر بين الأجزاء السابقة؟

كيفية انتقال السيال العصبى إلى العضلة الهيكلية:

١- فى العضلات الهيكلية الإرادية السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية مشحون بشحنة موجبة بينما يحمل الغشاء الليفى العضلى من الداخل شحنة سالبة. وينشأ عن ذلك فرق فى الجهد للفرق فى تركيز الأيونات بين خارج وداخل غشاء الليفة العضلية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢- المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ والحبل الشوكى والتى تتصل نهاياتها العصبية اتصالا محكما بالليفة العضلية مكونة تشابك عصبى - عضلى Synapse.

٣- النهايات العصبية للخلايا العصبية تحتوى على حويصلات بها بعض المواد الكيميائية تعرف بالنواقل العصبية مثل الاستيل كولين Acetylcholine .

٤- عند وصول السيال العصبى إلى هذه الحويصلات تسبب خروج هذه النواقل العصبية وتقوم أيونات الكالسيوم بدور مهم فى خروج هذه النواقل . والتى لا تلبث أن تسبح فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وغشاء الليفة العضلية حتى تصل إلى سطح الليفة العضلية الإرادية وبالتالى تسبب تغير فرق الجهد على جانبى غشاء الليفة العضلية وانعكاسه بمعنى أن السطح الداخلى لغشاء الليفة العضلية يصبح موجبا ويصبح السطح الخارجى لغشاء الليفة العضلية سالباً وذلك لزيادة نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم فتدخل بسرعة إلى داخل غشاء الليفة العضلية. وعندئذ يوصف غشاء الليفة العضلية بحالة اللااستقطاب Depolarization وهذا يؤدى إلى انقباض العضلة.

٥- فرق الجهد على غشاء الليفة العضلية يعود إلى وضعه الطبيعى بعد جزء من الثانية وذلك بفعل عمل أنزيم الكولين استيريز (Cholinesterase) وهو أنزيم متوفر فى نقاط الاتصال العصبى العضلى - والذى يعمل على تحطيم مادة الاستيل كولين (يحوله إلى كولين وحامض خليك) وبالتالى يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعى فى حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبى) وتكون مهيأة للاستجابة للحفز مرة أخرى... وهكذا.

آلية انقباض العضلة : (نظرية الخيوط المنزلقة)

ظهرت عدة فروض لتفسير انقباض العضلات وتعتبر فرضية الخيوط المنزلقة أو (نظرية الانزلاق) التى اقترحها .هكسلى Huxely، اشهر هذه الفروض.

تعتمد هذه الفرضية على التركيب المجهرى الدقيق لألياف العضلات. إذ أن كل ليفة عضلية كما ذكرنا سابقا تتكون مجموعة لييفات وكل لييفة تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية هما : الأولى خيوط رفيعة اكتينية Actin والثانية خيوط غليظة ميوسينية Myosin

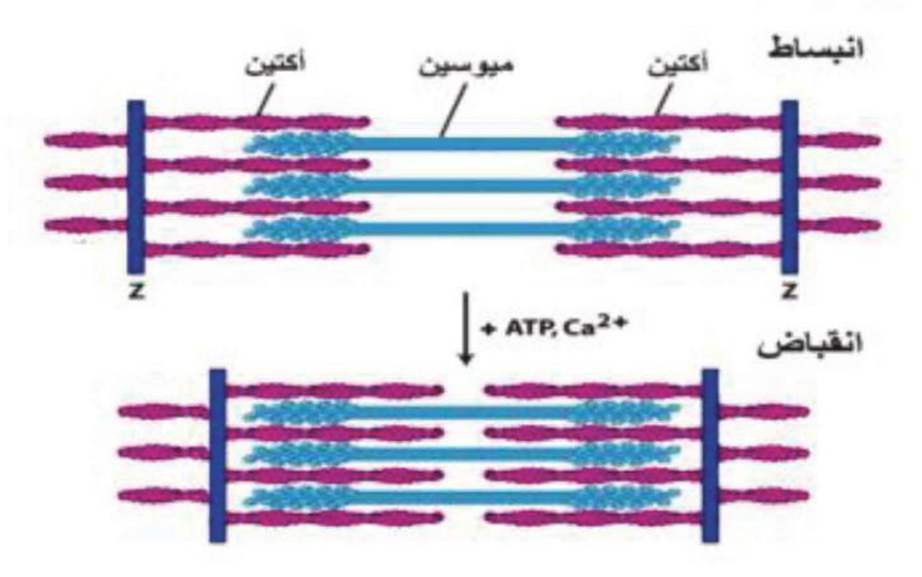
بعد أن قارن هكسلى باستخدام المجهر الإلكترونى ليفة عضلية فى حالة انقباض بأخرى فى حالة الراحة استنتج أن الخيوط البروتينية المكونة للألياف العضلية تنزلق الواحدة فوق الأخرى مما تسبب انقباض أو تقلص العضلة عن طريق وجود روابط مستعرضة تمتد من خيوط الميوسين لكى تتصل بخيوط الأكتين ويتم هذا الإتصال بمساعدة أيونات الكالسيوم وجزىء ATP وبالتالى فان الانقباض العضلى يحدث عندما

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



تعمل هذه الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الاكتين باتجاه بعضها البعض فينتج عنه انقباض الليفة العضلية.

أثناء الانقباض تتقارب خطوط (Z) من بعضها، وهكذا تنقبض العضلة، وعند زوال المنبه تبتعد الرواط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنبسط العضلة ويتباعد خطوط (Z) عن بعضها وتعود القطع العضلية إلى طولها الأساسى شكل (١٥).



شكل (١٥) الانقباض العضلى

تستهلك العضلة جزء من الطاقة المختزنة فى ATP فى فصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين، لذا عند تناقص ATP قد يؤدى ذلك إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل العضلة فى حالة انقباض وغير قادرة على الانبساط.

تحتاج عمليتى اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض وانفصالها عن خيوط الأكتين عن الانبساط إلى الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

إجهاد العضلة: Muscle Fatigue

انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة يسبب اجهادها وتعبها وذلك لان الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وانتاج الطاقة. ولهذا تلجأ العضلة إلى تحويل مادة الجليكوجين (نشا حيوانى) إلى جلوكوز الذى لا يلبث أن يتأكسد بطريقة التخمر اللاهوائى (لا يحتاج إلى أكسجين) لانتاج طاقة تعطى العضلة فرصة اكبر للعمل وينتج عن هذه العملية تراكم حامض معين يسمى حامض اللاكتيك Lactic Acid الذى يسبب تعب العضلة واجهادها، وتناقص جزيئات ATP فى العضلة يسبب عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر، وهذا ما يسبب حدوث الشد العضلى المؤلم.

عند الراحة تصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم بالتنفس الهوائى وإنتاج كمية كبيرة من ATP تعمل على انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين وانبساط العضلة، وبالتالى تبدأ العضلة من جديد فى تتابع من الانقباضات والانبساطات.

يمكن أن يتسبب الشد العضلى الزائد عن الحد فى تمزق العضلات وحدوث نزف دموى.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أسئلة

س ١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلى :

١ - تحدث الحركة فى الانسان بتآزر مجموعة من الاجهزة وهى :

أ- الجهاز العضلى والهيكلى والدورى .

ب - الجهاز التنفسى والعصبى والهيكلى .

جـ - الجهاز الهيكلى والعصبى والعضلى .

د - الجهاز الهيكلى والتنفسى والدورى .

٢- المخزون المباشر للطاقة فى العضلة هو :

أ- جزيئات ATP　　ب - الجليكوجين　جـ - الجلوكوز　　د - حمض اللاكتيك

٣- يرجع الاجهاد العضلى عند التعب إلى تراكم مركب كيمائي هو :

أ- ثانى اكسيد الكربون　　ب - الكحول

جـ - حمص اللاكتيك　　د - الاحماض الامينية

س٢ علل لما يأتى :

١ - التفاف المحلاق حول الدعامة .

٢- وجود الاحزمة عند اتصال اطراف الحيوان بهيكله المحورى.

٣- حدوث اجهاد للعضلة الهيكلية .

٤ - الدم فى حركة مستمرة داخل الاوعية الدموية

٥- يتوافر أنزيم الكولين استبريز فى نقاط الاتصال العصبى - العضلى

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

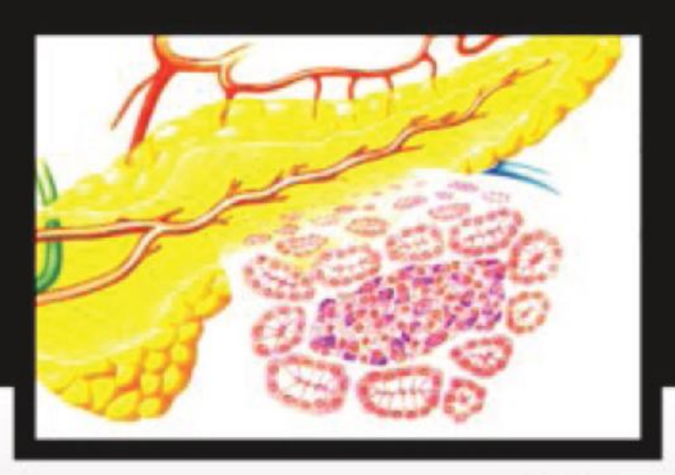
س٣ ارسم شكلا مبسطا لإحدي فقرات العمود الفقرى فى الانسان .

س٤ ماذا تعرف عن :

الرباط الصليبى - وتر أخيل - المفاصل الزلالية - العصعص - الحزام الحوضي - الحزام الصدرى - لوح الكتف - الحزم العضلية .

س٥ . تحدث الحركة نتيجة تآزر أو تعاون اجهزة رئيسية فى جسم الإنسان هى الهيكلى والعصبى والعضلى " فسر ذلك .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الثانى

التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادرا على أن:

- يتعرف دور العلماء فى اكتشاف الهرمونات.
- يذكر أهمية الأوكسينات بالنسبة للنبات.
- يكتشف وظائف الهرمونات.
- يذكر أمثلة للغدد الصماء الموجودة فى الإنسان.
- يستنتج خصائص الهرمونات .
- يقارن بين الغدد الصماء (اللاقنوية) والغدد القنوية فى الإنسان .
- يتعرف دور الغدة النخامية .
- يستنتج أن الغدة النخامية هى رئيسة الغدد الصماء .
- يكتشف الغدة الدرقية (غدة النشاط).
- يوضح وظيفة الغدد الجار درقية.
- يكتشف الغدتان الكظريتان (غدد الانفعال).
- يتعرف دور البنكرياس كمنظم للسكر.
- يستنتج أن البنكرياس غدة مزدوجة قنوية ولا قنوية.
- يكتسب مهارات: الربط بين المرض وما يسببه (نقص وزيادة فى إفراز هرمون معين)
- يقدر عظمة الخالق فى كيفية التنسيق الهرمونى فى الكائنات الحية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

جهاز الغدد الصماء Endocrine System

جهاز الغدد الصماء هو الجزء الثانى من الأجهزة التى تتحكم فى وظائف الجسم مع الجهاز العصبى ولذلك فإن وظائف الجسم المختلفة تكون تحت سيطرة التحكم العصبى والهرمونى.

والغدد الصماء هى غدد لا قنوية، تفرز الهرمونات والتى تصب فى الدم مباشرة، ولابد من إفراز هذه الهرمونات بالكميات المطلوبة لكى تؤدى وظائفها على احسن وجه لأنه إذا زاد إفراز الهرمون أو نقص سيؤدى ذلك إلى اختلال فى الوظيفة مما قد يسبب أعراضا مرضية تختلف من هرمون إلى آخر.

الهرمونات : Hormones

يعرف الهرمون بأنه مادة كيميائية تتكون داخل الغدة وتنتقل عن طريق الدم إلى عضو آخر، الذى عادة ما يؤثر على وظيفته ونموه، ومعظم تأثيرات الهرمونات من النوع المحفز حيث تقوم بتنشيط أعضاء أو غدد أخرى.

اكتشاف الهرمونات الحيوانية:

ستارلنج Starling

وجد فى عام ١٩٠٥ أن :

أ- البنكرياس يفرز عصارته الهاضمة فور وصول الغذاء من المعدة إلى الإثنى عشر حتى بعد قطع الاتصال العصبى بين البنكرياس وغيره من الأعضاء.

ب- استنتج أن هناك نوعا من التنبيه غير العصبى.

جـ- توصل إلى أن الغشاء المخاطى المبطن للأثنى عشر يفرز مواد تسرى فى تيار الدم حتى تصل إلى البنكرياس فتنبهه إلى إفراز عصارته الهاضمة.

د- سمى هذه الرسائل الكيميائية هرمونات (لفظ يونانى معناه المواد المنشطة).

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الهرمونات فى النبات:

يعتبر بويسن جنسن (١٩١٣) أول من أشار إلى الهرمونات النباتية (الأوكسينات) واستطاع أن يفسر بها انتحاء الساق نحو الضوء، فقد أثبت ان منطقة الاستقبال وهى القمة النامية للساق، تفرز مادة كيميائية (أندول حمض الخليك) تنتقل منها إلى منطقة الاستجابة (منطقة الانحناء) وتسبب انحنائها.

والنبات ليس له غدد خاصة بل تفرز الهرمونات (الاوكسينات) من الخلايا الحية فى القمم النامية والبراعم - وتؤثر فى وظائف المناطق الأخرى.

ومن وظائف الأوكسينات :

١- تنظيم نمو الأنسجة وتنوعها.

٢- تتحكم في عمليات تفتح الأزهار وتكون ونضج الثمار.

التنظيم الهرمونى فى الإنسان

يتم دراسة هذا التنظيم فى الإنسان كنموذج يمثل قمة التطور، وقد توصل العلماء إلى معرفة الكثير من وظائف الهرمونات عن طريق:

١- دراسة الأعراض التى تظهر على الإنسان أو الحيوان نتيجة تضخم غدة صماء أو استئصالها.

٢- دراسة التركيب الكيميائى لخلاصة الغدة والتعرف على أثرها فى العمليات الحيوية المختلفة.

خصائص الهرمونات:

١- الهرمونات هى مواد كيميائية عضوية بعضها يتكون من البروتين المعقد والبعض الآخر من مركبات بسيطة كالأحماض الأمينية أو إستيرويدات (مواد دهنية).

٢- تفرز بكميات قليلة تقدير بالميكروجرام (١/١٠٠٠ ملليجرام).

٣- للهرمونات أهمية كبيرة فى حياة الإنسان تتمثل فى أداء الوظائف التالية:

أ - اتزان الوضع الداخلى للجسم وتنظيمه .

ب - نمو الجسم. ج- النضوج الجنسى. د- التمثيل الغذائى.

هـ- سلوك الإنسان ونموه العاطفى والعقلي

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الغدد فى الإنسان:

يوجد فى جسم الإنسان ثلاثة أنواع من الغدد هى:

١- الغدد القنوية Exocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الخارجى وتحتوى هذه الغدد على الجزء المفرز وقنوات خاصة بها تصب إفرازاتها أما داخل الجسم (الغدد اللعابية والهضمية) أو خارج الجسم (الغدد العرقية).

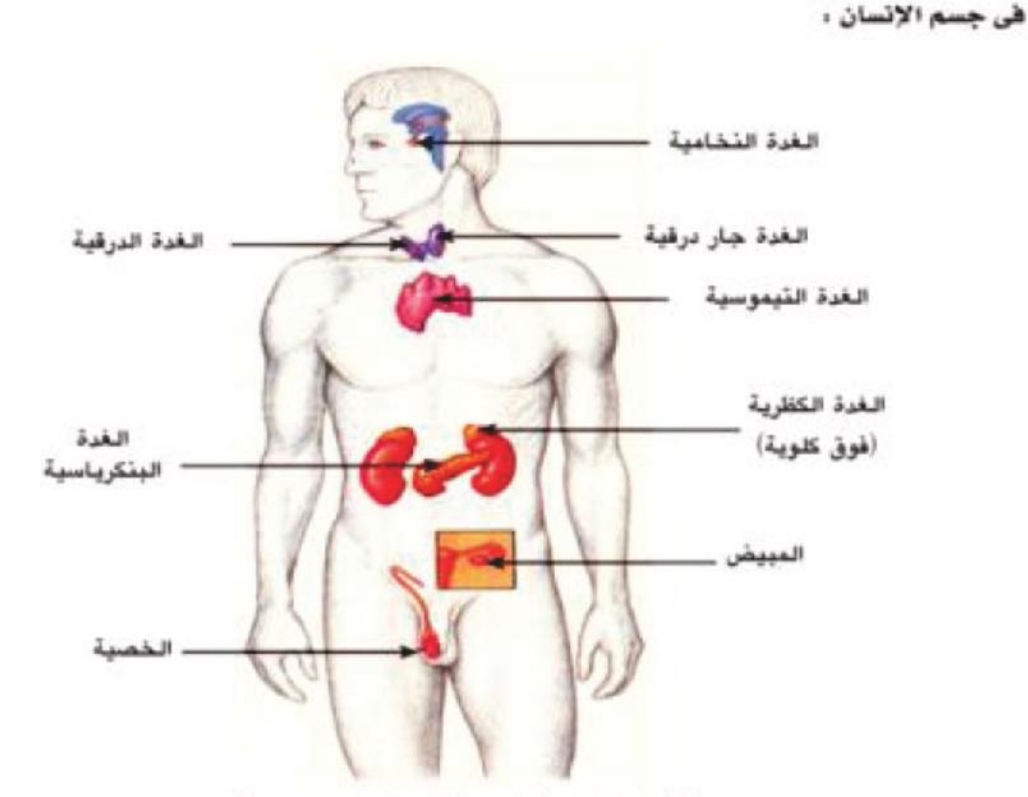
٢- الغدد الصماء Endocrine Glands

تسمى ذات الإفراز الداخلى، وتمتاز هذه الغدد بأن ليس لها قنوات خاصة بها، بل تصب إفرازاتها مباشرة فى الدم وهى مسئولة عن افراز الهرمونات مثل الغدة الدرقية والغدد الكظرية.

٣- الغدد المشتركة أو المختلطة Mixed Glands

تجمع هذه الغدد بين النوعين السابقين وعليه فإن تركيبها يتكون من جزء غدى قنوى وآخر عبارة عن غدة صماء أو لا قنوية كالبنكرياس.

يحتوى جسم الإنسان على مجموعة من الغدد الصماء موزعة فى أماكن متفرقة من الجسم (شكل١) ولكل غدة إفراز خاص بها يحوى هرمونا واحدا أو مجموعة هرمونات ومن أمثلة الغدد الصماء فى جسم الإنسان :



شكل (١) صورة لجسم الإنسان توضح توزيع الغدد

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

أولاً: الغدة النخامية: Pituitary Gland

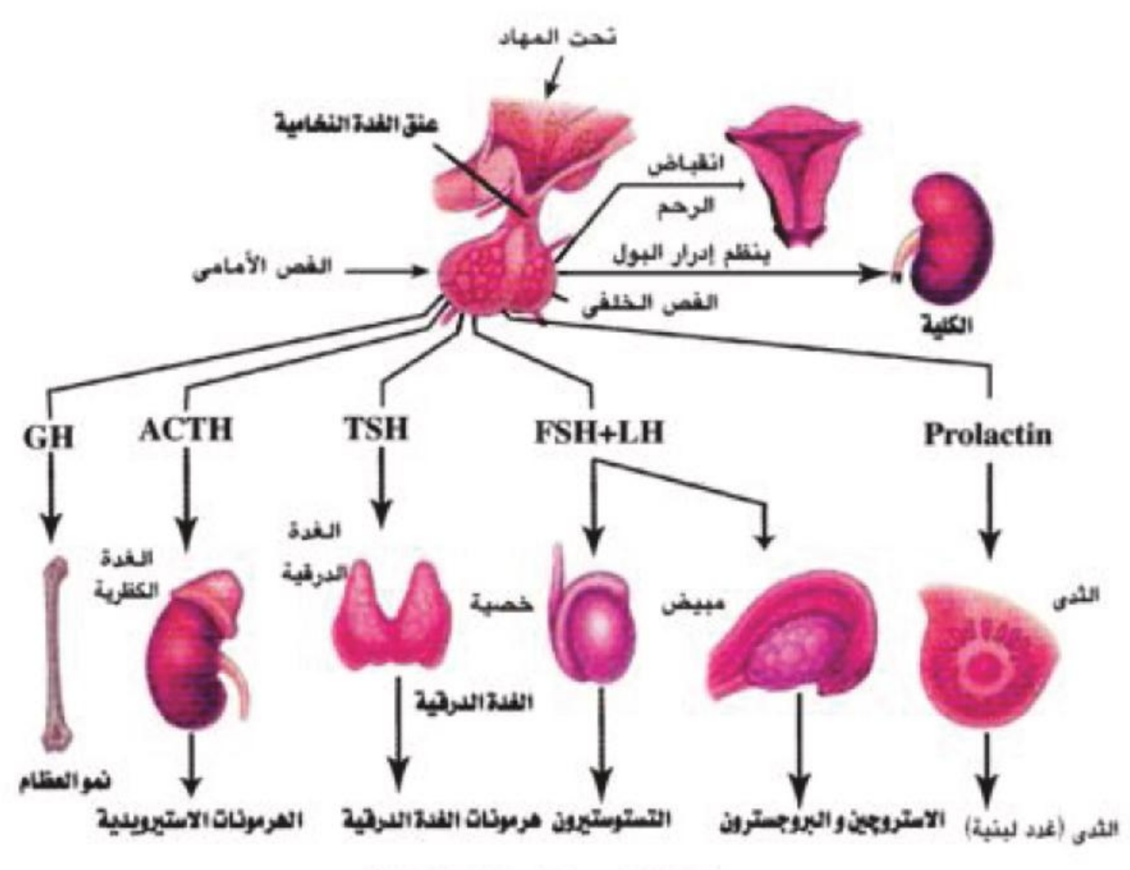
تعتبر الغدة النخامية سيدة الغدد أو المايسترو الذى يتحكم فى جهاز الغدد الصماء بأكمله عن طريق الهرمونات التى تفرزها وتؤثر فى إفراز معظم الغدد الصماء. وتقع هذه الغدة أسفل المخ وتتصل بتحت المهاد (الهيبوثالامس) وتتركب الغدة النخامية من جزئين:

أ- الجزء الغدى: Adenohypophysis

ويتكون من الفص الأمامى والفص **الأوسط**

ب- الجزء العصبى: Neurohypophysis

ويتكون من الفص الخلفى والجزء من المخ المعروف بالقمع أو العنق العصبية.



شكل (٢) هرمونات الغدة النخامية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

هرمونات الجزء الغدى:

١- هرمون النمو: Growth Hormone (GH)

يتحكم فى عمليات الإيض وخاصة تصنيع البروتين وبذلك يتحكم فى نمو الجسم. والنقص فى إفراز الهرمون فى حالة الطفولة يسبب القزامة (Dwarfism) وزيادته تسبب العملقة (Gigantism). وفى البالغين تجديد نمو الأجزاء البعيدة فى العظام الطويلة كالأيدى والأقدام والأصابع وتضخم عظام الوجه وتعرف هذه بحالة الأكروميجالى Acromegaly

٢- الهرمونات المنبهة للغدد: Pituitary Trophin

وهى مجموعة من الهرمونات تؤثر على نشاط الغدد الأخرى وتشمل:

أ- الهرمون المنبه للغدة الدرقية: Thyrrotrophin Stimulting Hormone (TSH)

ب - الهرمون المنبه لقشرة الغدة الكظرية Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH)

جـ- الهرمونات المنبه للمناسل: Gonadotrophic Hormones

وتشمل :

١ - الهرمون المنبه لتكوين الحويصلة

Follicle - Stimulating Hormone (F S H)

يعمل على نمو الحويصلات فى مبيض الأنثى وتحويلها إلى حويصلة جراف، وفى الذكر يساعد على تكوين الأنيبيات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية فى الخصية.

٢- الهرمون المنبه للجسم الأصفر Luteinizing Hormone (LH):

يحفز تكوين الجسم الأصفر فى الأنثى وفى الذكور يعد هذا الهرمون مسئول عن تكوين وإفراز الخلايا البينية فى الخصية، وكلا الهرمونين هام جدا لاكتمال عملية التكوين الجنسى للفرد.

٣- الهرمون المنبه لإفراز اللبن : Prolactin

يعمل على انتاج اللبن من الغدد الثديية .

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

هرمونات الجزء العصبى:

هرمونات هذا الجزء تنتجها خلايا عصبية فى منطقة تحت المهاد وتصل هذه الهرمونات إلى الفص الخلفى عبر القمع حيث تخزن فى نهاية الخلايا العصبية التى أنتجتها وتفرز الدم عند الحاجة.

١- الهرمون المضاد لإدرار البول : Antidiuretic Hormone (ADH)

يسمى أيضاً الهرمون القابض للأوعية الدموية (Vasopression H.) ويعمل هذا الهرمون على تقليل كمية البول عن طريق إعادة امتصاص الماء فى أنيبيبات النفرون وكذلك يعمل على رفع ضغط الدم.

٢- الهرمون المنبه لعضلات الرحم : Oxytocin Hormone

لهذا الهرمون علاقة مباشرة فى عملية تنظيم تقلصات الرحم ويزيدها بشدة أثناء عملية الولادة من اجل إخراج الجنين ، ولهذا غالبا ما يستخدمه الأطباء للإسراع فى عمليات الولادة. كما انه له أثرا مشجعا فى اندفاع أو نزول الحليب من الغدد اللبنية استجابة لعملية الرضاعة.

ثانيا: الغدة الدرقية Thyroid Gland

تقع هذه الغدة فى الجزء الأمامى من الرقبة ملاصقة للقصبة الهوائية وهى غدة حويصلية تميل إلى اللون الأحمر ومحاطة بغشاء من نسيج ضام وتتكون من فصين بينهما برزخ.

وظيفة الغدة الدرقية:

تنتج هذه الغدة هرمون الثيروكسين ولابد من وجود اليود لتكوين هذا الهرمون ويقوم هذا الهرمون بعدة وظائف فى الجسم منها:

أ- نمو وتطور القوى العقلية والبدنية.

ب- يؤثر على معدل الإيض الأساسى ويتحكم فيه.

ج- يحفز امتصاص السكريات الاحادية من القناة الهضمية.

د- يحافظ على سلامة الجلد والشعر.

كما تفرز الغدة الدرقية هرمون الكالسيتونين (Calcitonin) الذى يعمل على تقليل نسبة الكالسيوم فى الدم ويمنع سحبة من العظام.

شكل (٣) الغدة الدرقية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



أمراض الغدة الدرقية:

تنشأ بعض الحالات المرضية بسبب نقص أو زيادة فى أفراز الغدة الدرقية لهرمون الثيروكسين.

١ - نقص إفراز الغدة الدرقية Hypothyrodism

يؤدى ذلك إلى حدوث تضخم فى الغدة الدرقية ويسمى التضخم البسيط.

- التضخم البسيط : Simple Goiter

ينتج عن نقص الثيروكسين بسبب نقص اليود فى الغذاء والماء والهواء.. ويعالج بإضافة اليود إلى الملح والأغذية المختلفة.

وعدم العلاج من هذه الحالة يؤدى إلى حدوث مضاعفات هى:

أ- مرض القماءة Cretinism

يحدث بسبب نقص حاد فى إفراز الغدة الدرقية فى مرحلة الطفولة.. ويؤثر ذلك على نمو الجسم والنضوج العقلى ويبدو الجسم قصير والرأس كبيرة والرقبة قصيرة، وكذلك يؤثر على النضوج العقلى للطفل وقد يسبب له تخلفا عقليا وتأخر فى النضوج الجنسى.

ب - مرض الميكسوديما (Myxodema)

يحدث بسبب نقص حاد فى إفراز الغدة الدرقية فى البالغين. ويتميز المرض بجفاف فى الجلد وتساقط الشعر وزيادة فى وزن الجسم لدرجة السمنة المفرطة وهبوط مستوى التمثيل الغذائى فلا يتحمل البرودة وتقل ضربات القلب ويتعب الشخص بسرعة.. ويعالج المرضى بهرمونات الغدة الدرقية أو مستخلصاتها تحت إشراف طبى متخصص.

٢- زيادة إفراز الغدة الدرقية: Hyper Thyroidism

يؤدى ذلك إلى حدوث تضخم فى الغدة الدرقية يسمى التضخم الجحوظى:

- التضخم الجحوظى: Exophthalmic Goiter

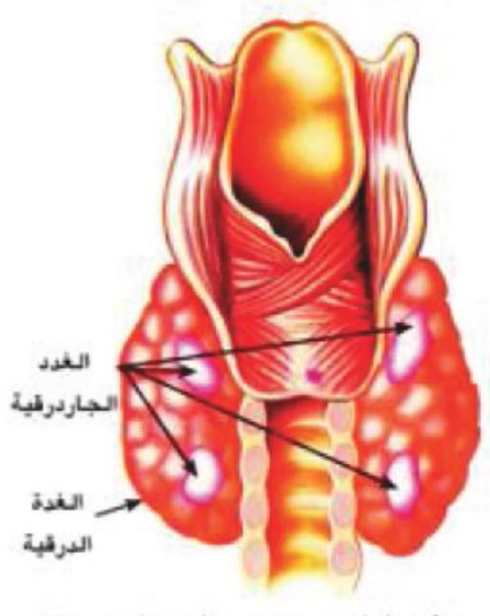


شكل (٤) التضخم الجحوظى

ينتج عن الأفراط فى إفراز هرمون الثيروكسين مما يسبب تضخما ملحوظا فى الغدة الدرقية وانتفاخ الجزء الأمامى من الرقبة مع جحوظ فى العينين وينتج عن ذلك زيادة فى أكسدة الغذاء ونقص فى وزن الجسم وزيادة فى ضربات القلب وتهيج عصبى، ويعالج باستئصال جزء من الغدة الدرقية أو باستخدام مركبات طبية أخرى تثبط إفراز الهرمون.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ثالثا: الغدد جارات الدرقية: Parathyroid Glands



شكل (٥) صورة توضح الغدد الجار درقية

هى غدة تتكون من أربع أجزاء منفصلة اثنتان على كل جانب من الغدة الدرقية. وتفرز هذه الغدة هرمون الباراثورمون Parathormone وكمية هذا الهرمون الذى يفرز يعتمد على نسبة الكالسيوم فى الدم حيث يكون الإفراز كثيرا عند انخفاض نسبة الكالسيوم فى الدم. حيث يعمل على سحبة من العظام وبذلك يقوم كلا من هرمونى الباراثورمون والكالسيتونين بدور هام فى الحفاظ على مستوى الكالسيوم فى الدم بمعدلاته الطبيعية.

الزيادة فى إفراز الهرمون تتسبب فى:

ارتفاع نسبة الكالسيوم فى الدم نتيجة سحبه من العظام فتصبح هشة وتتعرض للانحناء والكسر بسهولة.

نقص الهرمون يسبب:

أ- نقص نسبة الكالسيوم فى الدم.

ب - سرعة الانفعال والغضب والثورة لأقل سبب.

جـ- تشنجات عضلية مؤلمة.

رابعا: الغدد الكظرية (فوق الكلوية)

Adrenal (Suprarenal Glands)

هناك غدتان كظريتان تقع كل منهما فوق أحد الكليتين وكل غدة تتكون من منطقتين متميزتين من الناحية التشريحية والفسيولوجية. الجزء الخارجي يسمى القشرة Cortex بينما يعرف الجزء الداخلى بالنخاع Medulla والهرمونات التى تفرزها القشرة تختلف عن الهرمونات التى يفرزها النخاع وهى كما يلى:

١- هرمونات القشرة:

تفرز قشرة الغدد الكظرية العديد من الهرمونات التى تعرف بمجموعة الستيرويدات Steroids ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات هى:

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أ- مجموعة الهرمونات السكرية : Glucocorticoids

تشمل هرمون الكورتيزون Cortison وهرمون الكورتيكوستيرون Corticosterone ووظيفة هذان الهرمونان هى تنظيم ايض المواد الكربوهيدراتية (السكريات - النشويات) بالجسم.

ب- مجموعة الهرمونات المعدنية: Mineralocorticoids

منها هرمون الالدوستيرون Aldosterone ، ويلعب هذا الهرمون دورا هاما فى الحفاظ على توازن المعادن بالجسم، علي سبيل المثال يساعد هذا الهرمون على إعادة امتصاص الأملاح مثل الصوديوم والتخلص من البوتاسيوم الزائد عن طريق الكليتين.

جـ- مجموعة الهرمونات الجنسية Sex Hormones

على الرغم من أن الهرمونات الجنسية تفرز وتنتج من الغدد الجنسية إلا انه وجد أن قشرة الكظرية لها دورفى افرازالهرمونات الذكرية التستوستيرون Testosteron والهرمونات الأنثوية الإستروجين Estrogen والبروجسيترون Progesteron ولهذا إذا حدث خلل بين توازن هذه الهرمونات والهرمونات الجنسية المفرزة من الغدد المختصة، فإن ذلك يؤدى إلى ظهور صفات وعوارض الرجولة فى النساء وعوارض الأنوثة عند الرجال، وقد يؤدى ذلك إلى ضمور الغدد الجنسية فى كلا الجنسين إذا حدث تورمات فى قشرة الغدة.

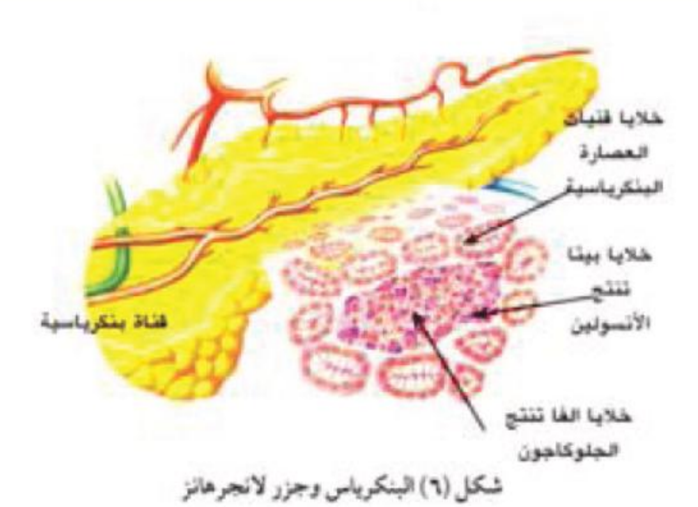
٢- هرمونات النخاع:

يفرز النخاع هرمونين هما الإدرينالين Adrenaline وهرمون النورادرينالين Noradrenaline ويقوم هذان الهرمونان بعدة وظائف حيوية فى حالة الطوارئ التى يوضع فيها الجسم مثل الخوف والإثارة والقتال والهروب، فيعمل الهرمونان على زيادة نسبة السكر فى الدم عن طريق تحلل الجليكوجين المخزن فى الكبد إلى جلوكوز، وزيادة قوة وسرعة انقباض القلب ورفع ضغط الدم، وكل هذه التغيرات تساعد عضلات الجسم للحصول على الطاقة اللازمة للانقباض مع زيادة استهلاك الأكسجين ويظهر ذلك بوضوح أثناء تأدية التمرينات الرياضية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

خامساً: البنكرياس Pancreas

يعتبر البنكرياس من الغدد المشتركة التى تجمع بين الغدد ذات الإفراز الخارجى والغدد الصماء فهو يقوم بصب إنزيماته الهاضمة والتى تفرزها خلايا حويصلية فى الأثنى عشر عن طريق القناة البنكرياسية، كما يقوم بإفراز هرمونات فى الدم مباشرة وذلك من خلايا غدية صغيرة متخصصة تعرف بجزر لانجرهانز Islets of Langerhans (شكل ٦) ويمكن تمييز نوعين من الخلايا فى هذه الجزر:



شكل (٦) البنكرياس وجزر لانجرهانز

أ - خلايا ألفا: Alpha Cells وعددها قليل وتفرز هرمون الجلوكاجون Glucagon.

ب - خلايا بيتا: Beta Cells وتمثل غالبية خلايا جزر لانجرهانز وتفرز هرمون الانسولين Insulin وكلا الهرمونين لهما علاقة مباشرة باستخدام السكر فى الجسم وبالتالى المحافظة على مستوى ثابت من السكر فى الدم والتى تبلغ حوالى (٨٠ - ١٢٠ ملليجرام/ ١٠٠سم٣).

وظيفة هرمون الأنسولين:

- يعمل الأنسولين على خفض تركيز سكر الجلوكوز بالدم وذلك عن طريقين:

أ- الحث على أكسدة الجلوكوز فى خلايا وأنسجة الجسم المختلفة وذلك لأنه يسمح بمرور السكريات الآحادية عبر غشاء الخلية إلى داخلها بينما يمر الفركتوز إلى داخل الخلايا دون الحاجة إلى الإنسولين

ب- التحكم بالعلاقة بين الجليكوجين المخزن والجلوكوز المنفرد بالدم فهو يشجع تحول الجلوكوز إلى جليكوجين وتخزن فى الكبد والعضلات أو إلى مواد دهنية تخزن فى أنسجة الجسم المختلفة.

- نقص إفراز هرمون الانسولين يؤدى إلى الإصابة بمرض البول السكرى Diabetes Mellitus والذى يتميز بالخلل فى أيض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم.

والمريض بمرض البول السكرى يعانى من ارتفاع نسبة الجلوكوز فى الدم عن المعدل الطبيعى ولذلك يظهر أيضاً فى تحاليل البول. ونتيجة لارتفاع نسبة الجلوكوز فى البول الذى يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء، فإن المريض يعانى من ظواهر تعدد التبول والعطش.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

وظيفة هرمون الجلوكاجون:

يعمل على عكس هرمون الإنسولين وذلك برفع تركيز الجلوكوز فى الدم وذلك عن طريق تحويل الجليكوجين المخزن بالكبد فقط إلى جلوكوز.

سادساً: الغدد التناسلية (المناسل) Sex Glands (Gonads)

تفرز المناسل (الخصية – المبيض) بالإضافة إلى وظيفتها الأساسية فى تكوين الجاميتات الذكرية (حيوانات منوية) والأنثوية (البويضات) مجموعة من الهرمونات الجنسية والمسئولة عن نمو الأعضاء التناسلية وظهور الصفات الجنسية.

١- الهرمونات الجنسية الذكرية: Male Sex Hormones

تعرف أ يضاً بالإندروجينات Androgens وتفرزها الخلايا البينية فى الخصية وتشمل هرمونان:

التستوستيرون Testosterone - الاندروستيرون Androsterone

وهما مسئولان عن نمو البروستاتا والحويصلات المنوية وظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر.

٢- الهرمونات الجنسية الأنثوية Female Sex Hormones

وتعرف أيضاً بالاستروجينات Oestrogenes . ويفرزها المبيض وهى:

أ - هرمون الاستروجين Oestrogen ويعرف أيضاً بالاستراديول Oestradiol ويفرز من حويصلات جراف فى المبيض، ويعمل على ظهور الخصائص الجنسية فى الأنثى مثل كبر الغدد الثديية وتنظيم الطمث (الدورة الشهرية).

ب - هرمون البروجسترون Progesterone . يفرز من الجسم الأصفر فى المبيض و المشيمة ويعمل على انتظام دورة الحمل كتنظيم التغيرات الدموية فى الغشاء المبطن للرحم ليعده لاستقبال وزرع البويضة والتغيرات التى تحدث فى الغدد الثديية أثناء الحمل.

جـ- هرمون الريلاكسين Relaxin يفرز من الجسم الأصفر و المشيمة وبطانة الرحم ويسبب ارتخاء الارتفاق العانى ويزيد افرازه عند نهاية فترة الحمل لتسهيل عملية الولادة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

سابعا: هرمونات القناة الهضمية Gastrointestinal Hormones

يحتوى الغشاء المخاطى المبطن للقناة الهضمية على غدد تفرز العصارة الهاضمة إلى جانب ذلك يقوم هذا الغشاء بإفراز مجموعة من الهرمونات والتى تنشط غدد القناة الهضمية لإفراز الإنزيمات الهاضمة وعصاراتها المختلفة كهرمون الجاسترين الذى يفرز من خلايا لا قنوية في بطانة المعدة ثم ينتقل خلال الدم إلى خلايا قنوية في نفس البطانة ليحثها على إفراز العصارة المعدية كهرمون السكريتين secretin وهرمون الكوليسيستوكينين cholecystokinin اللذان يفرزان من الأمعاء الدقيقة وينقلا عبر الدم حيث يعملان على إفراز العصارة البنكرياسية كما يعمل هرمون الكوليسيستوكينتين على إنقباض الحويصلة الصفراوية لإفراز العصارة الصفراوية إلى الأثنى عشر.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



أسئلة

س(١) علل لما يأتى:

- حدوث العملقة فى الأطفال.
- يطلق على الغدة النخامية رئيسة الغدد الصماء.
- إنتاج اللبن من الغدد الثديية للسيدة المرضع.
- حدوث انقباضات لعضلات الرحم فى أثناء الولادة (الطلق).
- إصابة بعض الأفراد بالتضخم الجحوظى.
- زيادة إفراز هرمون الباراثورمون يجعل العظام هشة ومعرضة للكسر.
- ظهور علامات الذكورة على بعض الإناث البالغة نتيجة للاختلال الهرمونى.
- يهيئ إفراز الأدرينالين مواجهة حالات الخطر والانفعال والهجوم فى حالة الغضب.
- البنكرياس غدة مزدوجة.
- شعور مرضى السكر دائما بالعطش.

- يستخدم خلاصة الفص الخلفى للغدة النخامية للماشية فى عمليات الولادة المتعسرة.

س(٢) تخير الإجابة الصحيحة فى كلا ممايأتى :

١ - الغدة التى تقوم بتنبيه الغدد اللبنية بالثدى لادرار اللبن بعد الولادة ....

أ- المبيض   ب- الغدة الكظرية   جـ- الغدة الجاردرقية   د-الغدة النخامية

٢ - يقوم الأدرينالين بـ.....................

أ-تنبيه الجسم للقيام بالنشاط اللازم لمواجهة الخطر.

ب-تنبيه الكبد لتحويل الجلوكوز إلى جليكوجين.

جـ-إظهار بعض الصفات الجنسية.

د-زيادة مقاومة الجسم للعدوى والميكروب.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣-تنشأ الحالة المعروفة بالتضخم الجحوظى نتيجة زيادة إفراز هرمون ....

أ-الثيروكسين   ب-النمو   جـ-الكورتيزون   د-الباراثورمون.

س(٣) ما دور كل من العلماء الآتى أسمائهم فى اكتشاف الهرمونات:

ستارلنج - بويسن جنسن.

س(٤) : يؤدى تضخم الغدة الدرقية إلى ظهور أعراض مرضية واضحة تختلف باختلاف نشاط الغدة والمرحلة التى يحدث فيها التضخم :.

اشرح هذه العبارة موضحا ما يلى :

أ- موقع الغدة الدرقية فى جسم الإنسان.

ب- وظيفة الغدة الدرقية للجسم.

جـ-أثر زيادة إفرازها أو قلته فى الجسم.

س(٥) أذكر خصائص الهرمونات؟

س(٦) تنقسم الغدة النخامية إلى جزء غدى وجزء عصبى. وضح هرمونات كل جزء وأهميته للإنسان.

س(٧) قارن بين الأنسولين والجلوكاجون.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

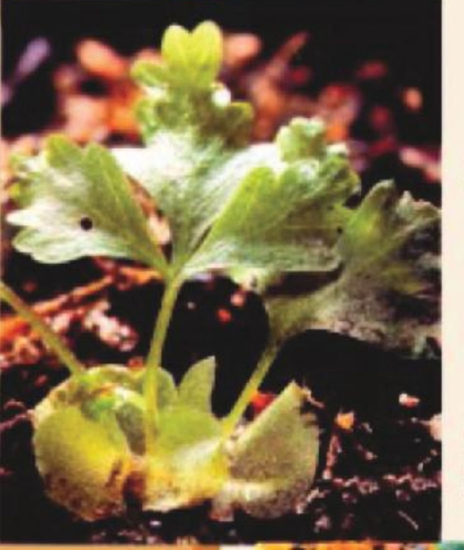


الفصل الثالث

التكاثر فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادر على أن:

- يتعرف مفهوم التكاثر وأهميته للأحياء
- يكتشف قدرات التكاثر بين الأحياء
- يتعرف طرق التكاثر بين الأحياء لاجنسياً وجنسياً
- يتعرف دورة حياة البلازموديوم المسبب لمرض الملاريا
- يقارن بين التكاثر اللاجنسى والتكاثر الجنسى
- يتعرف كيف تتكون البذور والثمار
- يتعرف مكونات الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة فى الأنسان
- يتعرف مراحل تكوين الحيوان المنوى والبويضة فى الأنسان
- يتعرف دورة الطمث فى المرأة ودور الهرمونات فى تنظيم هذه الدورة
- يتعرف كيف يحيا الجنين داخل الرحم ومراحل تكوينه ونموه
- يكتشف كيف تحدث ظاهرة التواءم وانواعها
- يتعرف وسائل منع الحمل
- يتعرف كيفية اخصاب البويضة خارج الجسم (أطفال الأنابيب)
- يقدر جهود العلماء فى التقدم التكنولوجى المرتبط بعملية التكاثر
- يقدر عظمة الخالق فى توالد الأجيال لتستمر الحياه على سطح الأرض



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أهمية التكاثر للأحياء

إن الكائن الحى الذى لا يتكاثر يمكنه ان يستمر فى حياته الطبيعية - بل ان بعض الأحياء التى ازيلت اعضاء تكاثرها بقيت حيه بشكل عادى - ذلك ان وظيفة التكاثر أقل اهمية من الوظائف السابق ذكرها بالنسبة لحياة الفرد - فلو تعطلت إحدى هذة الوظائف لهلك الفرد سريعاً .. وعليه فإن التكاثر يعتمد على تأمين جميع الوظائف الأخرى ، وليس العكس .. وبرغم ذلك فإنها الوظيفة التى تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد .. ولو تعطلت بشكل جماعى - تؤدى الى انقراض النوع من الوجود.

قدرات التكاثر بين الأحياء :-

تختلف قدرات التكاثر بين الأحياء مع اختلاف البيئة المحيطة بها والمخاطر التى تتعرض لها وطبيعة حياتها وطول اعمارها واحجامها .. الخ

- فالأحياء المائية تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه اقرانها على اليابسة .
- والأحياء الطفيلية أكثر نسلاً من الكائنات الحرة لتعويض الفاقد منها .
- والأحياء البدائية او قصيرة العمر تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمه او طويلة العمر وذلك لما تلقاه هذه الأحياء من رعاية وحماية من الأباء

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

طرق التكاثر فى الكائنات الحية

تتكاثر الكائنات الحية بعدة سبل واساليب لكى تستمر أنواعها . ويمكن تجميع تلك الأساليب فى طريقتين أساسيتين :

اولا : التكاثر اللاجنسى : (Asexual Reproduction)

يتضمن مجرد انفصال جزء من الجسم سواء كان خلية جرثومية واحدة ، او جملة خلايا او انسجة ونموها الى فرد جديد يشبه الأصل التى انفصلت عنه تماما فتستمر صفات الأجيال الناتجة بهذه الطريقة حتى وان تغيرت البيئة حولها ..فإذا حدث تغيير فى تلك البيئة تعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن أباؤها قد تأقلمت على ذلك التغيير . وهذا التكاثر شائع فى عالم النبات لكنه يقتصر على بعض الأنواع البدائية فى عالم الحيوان .

- يعتمد هذا التكاثر على الأنقسام الميتوزى لخلايا الكائن الحى حيث يكون عدد الصبغيات فى خلايا الأفراد الجديدة هو نفس عدد الصبغيات فى خلايا الكائن الأصلى .

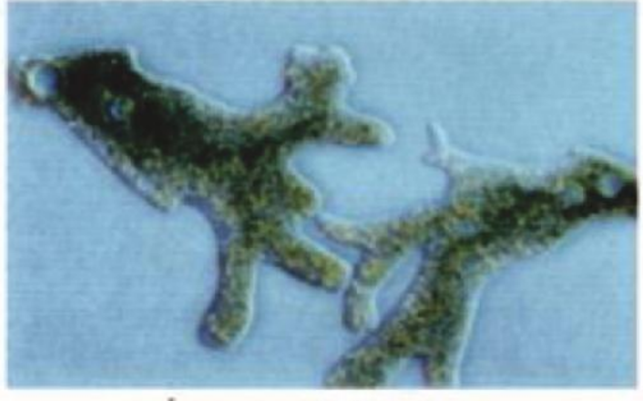
صور التكاثر اللاجنسى :

يتم التكاثر اللاجنسى فى عالم الأحياء فى عدة صور من اهمها ما يلى :

١- الأنشطار الثنائى :- Binary Fission

وفيه تنقسم النواة ميتوزيا ، ثم تنشطر الخلية التى تمثل جسم الكائن الحى الى خليتين يصبح كل منهما فردا جديدا" وتتكاثر بهذة الصورة كثير من الأوليات الحيوانية كالأميبا (شكل ١) والبراميسيوم بالإضافة الى الطحالب البسيطة والبكتريا ويتم ذلك فى الظروف المناسبة .

أما فى الظروف غير المناسبة - فإن الأميبا تفرز حول جسمها غلافا كيتينيا للحماية . وعادة ما تنقسم بداخله عدة مرات بالإنشطار الثنائى المتكرر لتنتج العديد من الأميبات الصغيرة التى تتحرر من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة .



شكل (١) الانشطار الثنائى فى الأميبا

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢- التبرعم : (Budding)

تتكاثر بعض الكائنات وحيدة الخلية ، وبعض متعددة الخلايا بالتبرعم . ففى الكائنات وحيدة الخلية كالخميرة ينشأ البرعم كبروز جانبى على الخلية الأصلية ، ثم تنقسم النواة ميتوزياً إلى نواتين تبقى إحداهما فى خلية الأم وتهاجر الثانية نحو البرعم الذى ينمو تدريجيا والذى قد يبقى متصلا بخلية الأم حتى يكتمل نموه فينفصل عنها . أو يستمر فى اتصاله بها مكونا مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية (شكل ٢)

شكل (٢) التبرعم فى فطر الخميرة

أما فى الكائنات متعددة الخلايا كالاسفنج والهيدرا فينمو البرعم على شكل بروز صغير من احد جوانب الجسم بفعل انقسام الخلايا البينية وتميزها الى برعم ينمو تدريجيا ليشبه الأم تماما (شكل ٣)، ثم ينفصل عنه ليبدأ حياته مستقلا ويذكر ان الأسفنج والهيدرا يتكاثران جنسيا ايضا الى جانب قدرتهما على التجدد.



شكل (٣) التبرعم في الهيدرا

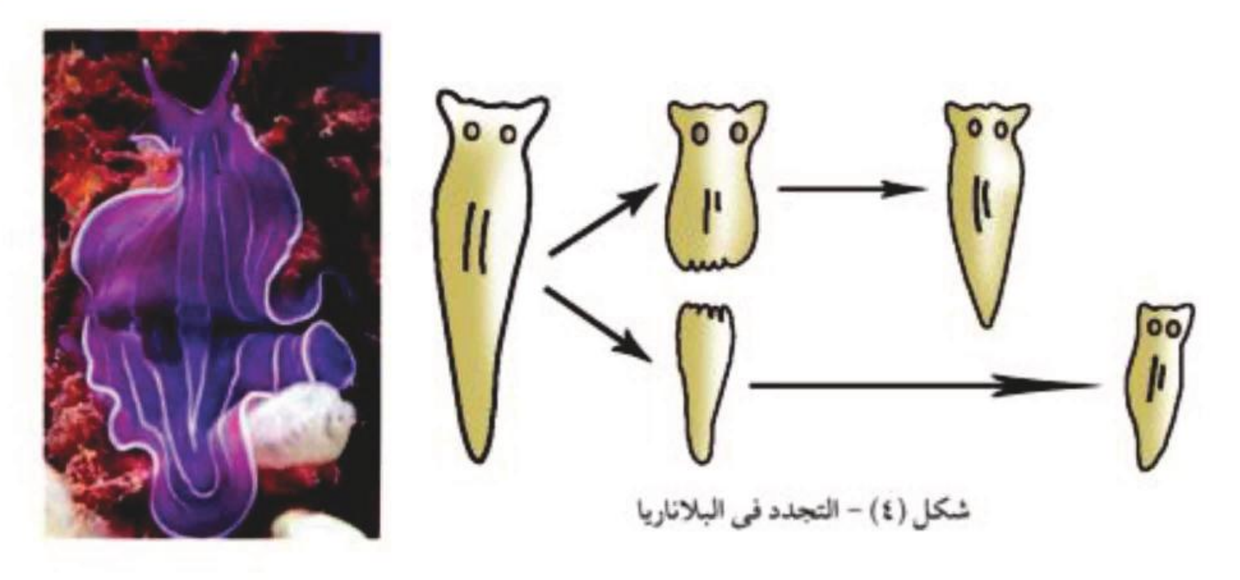
٣- التجدد : Regeneration

توجد هذه الطريقة فى بعض الحيوانات كالأسفنج والهيدرا وبعض الديدان ونجم البحر التى تملك القدرة على تجديد الأجزاء المفقودة من أجسامها عند تعرضها لحادث او تمزق . وفى بعض الحيوانات عندما يقطع الجسم الى عدة أجزاء فإن كلا منها ينمو الى فرد جديد. . ولكن القدرة على التجدد تقل برقى الحيوان، حيث يقتصر فى بعض القشريات والبرمائيات على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط ، أما فى الفقاريات العليا فلا يتجاوز التجدد فيها عملية التئام الجروح ، وخاصة إذا كانت محدودة فى الجلد والأوعية الدموية والعضلات.

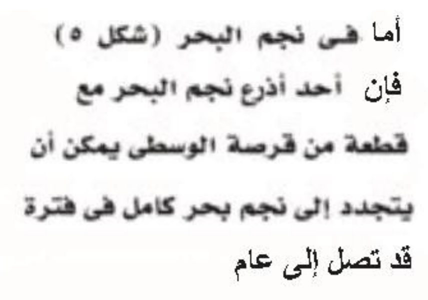
ومن مظاهر التجدد المثيرة قدرة دودة البلاناريا (من الديدان المفلطحة المنتشرة فى الماء العذب) على التجدد - حتى لو قطعت لعدة اجزاء على مستوى عرضى او لجزءين طوليا - فإن كل جزء ينمو الى فرد مستقل (شكل ٤) .

اما فى الهيدرا فيمكنها أن تتجدد اذا قطعت فى مستوى عرضى أو طولي وينمو كل جزء الى فرد مستقل

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



شكل (٤) – التجدد فى البلاناريا



أما فى نجم البحر (شكل ٥)
فإن أحد أذرع نجم البحر مع
قطعة من قرصة الوسطى يمكن أن
يتجدد إلى نجم بحر كامل فى فترة
قد تصل إلى عام



شكل (٥) – نجم البحر

٤- التكاثر بالجراثيم : Sporogony

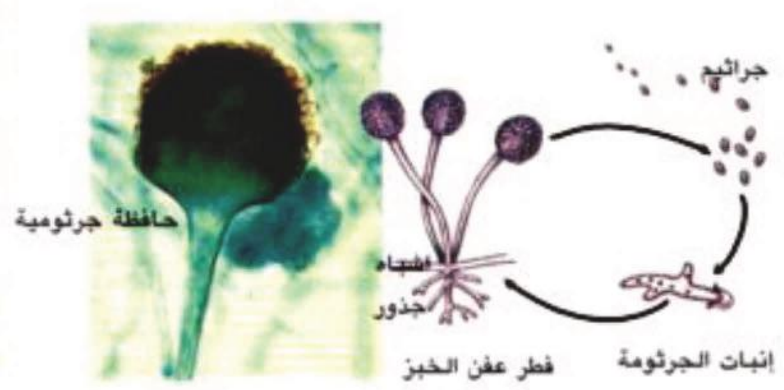
تتكاثر بعض الكائنات البدائية بواسطة خلايا وحيدة تعرف بالجراثيم متحورة للنمو مباشرة الى أفراد كاملة . وتتكون الجرثومة من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة وجدار سميك، فاذا نضجت الجرثومة تحررت من الفرد الأم لتنتشر فى الهواء . وبوصولها الى وسط ملائم للنمو تمتص الماء وتتشقق جدرها وتنقسم عدة مرات ميتوزيا وتتمايز حتى تنمو الى فرد جديد

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ومن الكائنات التى تتكاثر بالجراثيم ، كثير من الفطريات مثل فطر عفن الخبز (شكل ٦) وفطر عيش الغراب (شكل ٧) وبعض الطحالب والسراخس، ويمتاز هذا التكاثر بسرعة الأنتاج وتحمل الظروف القاسية والأنتشار لمسافات بعيدة .



شكل (٧) التكاثر بالجراثيم فى عيش الغراب



شكل (٦) التكاثر بالجراثيم فى عفن الخبز

٥- التوالد البكرى : Parthenogenesis

يعرف التوالد البكرى بقدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكرى ، ويعد ذلك نوعا خاصا من التكاثر اللاجنسى ، حيث يتم إنتاج الأبناء من فرد واحد فقط، ويتم التكاثر البكرى فى عدد من الديدان والقشريات والحشرات واشهرها نحل العسل ، حيث تنتج الملكة بيضا ينمو بدون إخصاب لتكوين ذكور النحل ، وبيضا ينمو بعد الأخصاب لتكوين الملكة والشغالات حسب نوع الغذاء بعد ذلك . فتكون الذكور احادية المجموعة الصبغية (ن) وتكون الملكة والشغالات ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) لكن فى بعض حالات من التوالد البكرى، كما في حشرة المن حيث تتكون البويضات من انقسام ميتوزي فتنمو إلى إناث ثنائية المجموعة الصبغية(٢ ن) ، بينما تتكون البويضات بالإنقسام الميوزي عند القيام بالتكاثر الجنسي فتنتج ذكورًا وإناثًا.

التكاثر البكري الصناعي:

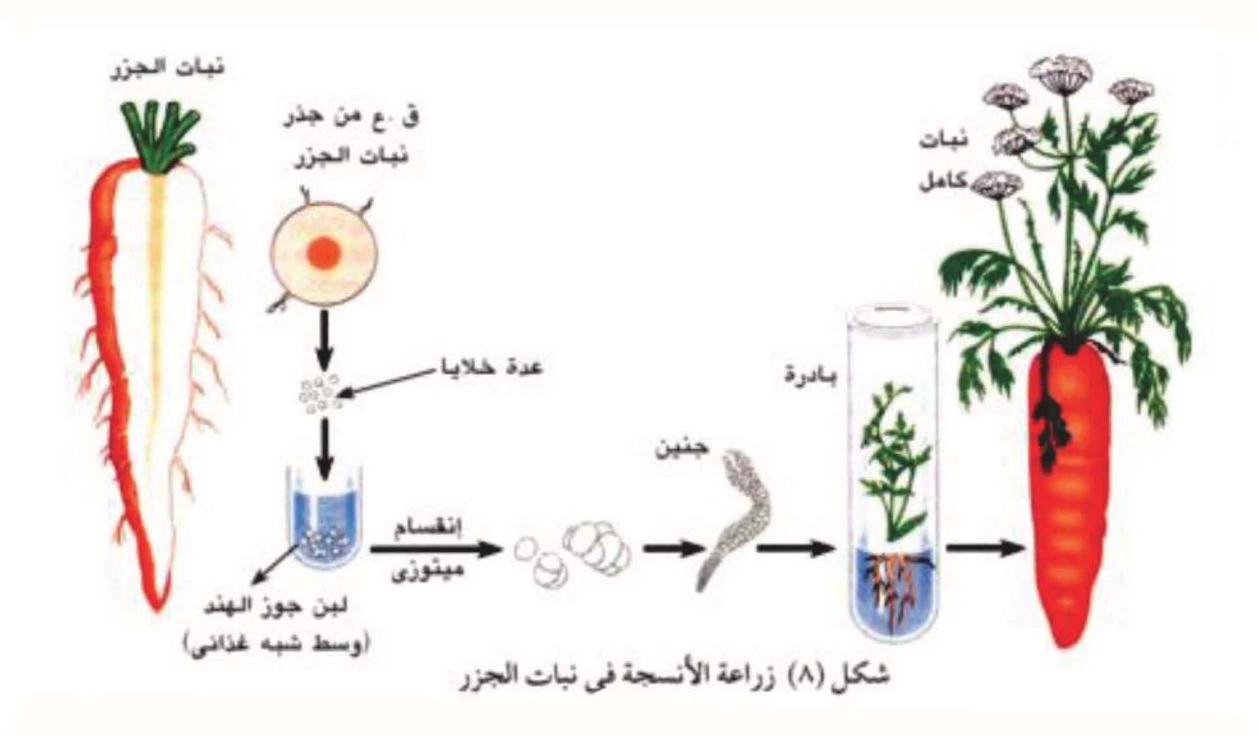
وقد أمكن تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيا بواسطة تعريضها لصدمة حرارية او كهربائية اوللأشعاع او لبعض الأملاح او للرج او الوخز بالأبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب ، مكونة أفرادا ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) تشبه الأم تماما ، كما تكونت أجنه مبكرة من بويضات الأرانب بأستخدام منشطات مماثلة .

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٦- زراعة الأنسجة : Tissue Culture

يقوم العلماء بدراسة زراعة الأنسجة النباتية وإنمائها فى وسط غذائى شبه طبيعى، ثم متابعة تميز إنسجتها وتقدمها حتى انتاج افراد كاملة . وفى تجربة مثيرة فصل أحد العلماء أجزاء صغيرة من نبات الجزر فى انابيب زجاجية تحتوى لبن جوز الهند - الذى يحتوى على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية . فبدأت الأجزاء فى النمو والتمايز الى نبات جزر كامل (شكل ٨). كما تم فصل خلايا منفردة من نفس انسجة النبات وزرعها بنفس الطريقة ليحصل منها بالمثل على النبات الكامل . كما أمكن الحصول على نبات طباق كامل بعد فصل خلايا من اوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة.

وقد أكدت هذه التجارب ان الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتا كاملا لو زرعت فى وسط غذائى مناسب يحتوى على الهرمونات النباتية وعناصر غذائية بنسب معينة وتستغل هذه الطرق حالياً فى إكثار نباتات نادرة او ذات سلالات ممتازة او أكثر مقاومة للأمراض .



شكل (٨) زراعة الأنسجة فى نبات الجزر

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ثانيا : التكاثر الجنسى : Sexual Reproduction

يتطلب التكاثر الجنسى وجود فردين ذكر و انثى غالبا لإنتاج الأمشاج الجنسية ويتعين على تلك الأمشاج ان تتلاقى من اجل الأندماج أو الأخصاب فعند التزاوج يلتقى المشيج الذكرى والمشيج الأنثوى المناسب لنوعه ويندمجا معا وتتكون اللاقحة ، التى تبدأ فى الأنقسام والنمو لتكوين الجنين ، ثم الفرد اليافع ، فالبالغ الذى يجمع بين صفات الأبوين ، لهذا فالأبن يرث المادة الوراثية من كلا الأبوين فيصير خليطاً من صفاتهما .

على عكس التكاثر اللاجنسى الذى يرث فيه الأبن تلك المادة من أب واحد فيصير نسخة مطابقة له . ومع ذلك فالتكاثر الجنسى مكلف فى الوقت والطاقة عن اللاجنسى -

ويضاف الى ما سبق ان إنجاب افراد جديدة يقتصر هنا على نصف عدد افراد النوع وهى الإناث دون الذكور بينما جميع الأفراد فى التكاثر اللاجنسى قادرة على إنتاج أفراد جديدة. وبرغم كل ما سبق فإن التكاثر الجنسى يوفر للأجيال الناتجة تجديدا مستمرا فى بنائها الوراثى يمكنها من الأستمرار فى وجه التغيرات البيئية .

- ويعتمد التكاثر الجنسى على الأنقسام الميوزى عند تكوين الأمشاج . حيث يختزل فيها عدد الصبغيات الى النصف (ن) وعند الأخصاب تندمج نواة المشيج الذكري مع نواة المشيج الأنثوي لتكوين اللاقحة أو الزيجوت ويعود العدد الأصلى للصبغيات (٢ن) والذى يختلف حسب نوع الكائن الحى .

صور التكاثر الجنسى

يتم التكاثر الجنسى بصورتين اساسيتين هما :

١- الإقتران : Conjugation

يتم التكاثر عادة فى الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب والفطريات بالانقسام الميتوزى فى الظروف المناسبة . لكنها تلجأ الى التكاثر الجنسى بالأقتران عند تعرضها للجفاف او تغير حرارة الماء او نقاوته.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٢- الإقتران فى الأسبيروجيرا Spirogyra

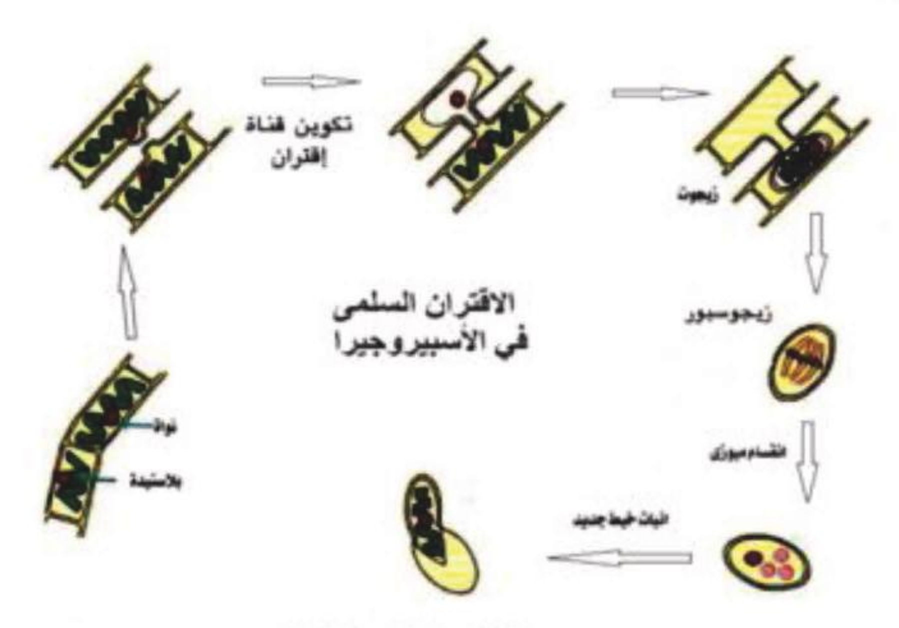
ينتشر طحلب الاسبيروجيرا في المياة العذبة الراكدة حيث تطفو خيوطه التي يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا ، ويستخدم طحلب الاسبيروجيرا نوعين من الاقتران هما :

أ - الإقتران السلمى :-

يتجاور خيطان من الأسبيروجيرا طوليا" . وتنمو نتوءات للداخل بين بعض ازواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما لتتكون قناة إقتران .

يتكور البروتوبلازم فى خلايا احد الخيطين ليهاجر الى خلايا الخيط المقابل عبر قناة الأقتران مكونا" لاقحة Zygote (شكل ٩) تحاط اللاقحة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملاءمة وتعرف حينئذ باللاقحة الجرثومية Zygospore

تبقى اللاقحة الجرثومية ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة فتنقسم اللاقحة الجرثومية ميوزيا لتتكون أربعة أنوية أحادية المجموعة الصبغية يتحلل منها ثلاثة وتنقسم الرابعة ميتوزيا ليتكون خيط جديد.



(شكل ٩) الاقتران السلمى

ب- الاقتران الجانبي

- يحدث هذا الاقتران بين الخلايا المتجاورة في نفس الخيط الطحلبي وتنتقل مكونات أحد الخليتين إلى الخلية المجاورة لها من خلال فتحه في الجدار الفاصل بينهما (شكل ١٠).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

- وتجدر الإشارة إلى أن خيط الطحلب خلاياه فردية الصبغيات (ن) وبعد الاقتران تتكون اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميوزيا قبل إنبات خيط الطحلب الجديد فتعود لخلاياه الصفة الفردية ثانية .

اللاقحة (٢ن) زيجوت

(شكل ١٠) الاقتران الجانبى

٢- التكاثر بالأمشاج الجنسية :

تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية الذكرية والأنثوية وهما ناتجان عن انقسام ميوزى يتم في المناسل (الأعضاء الجنسية)

- تتميز الأمشاج الذكرية بالقدرة على الحركة ، فيكون بناؤها معداً لذلك حيث تفقد معظم سيتوبلازمها ويستدق الجسم ويتزود بسوط أو ذيل للحركة لكى يؤدى وظيفته وهى نقل المادة الوراثية إلى المشيج الأنثوى فى عملية الإخصاب وعلى ذلك تنتج من كل خلية أولية أربعة أمشاج ذكرية أى تنتج بأعداد كبيرة نظراً لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوي .

أما الأمشاج الأنثوية التى تتكون في المبيض ، فأنها تبقى ساكنة عادة فى جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب ، لذا تكون مستديرة وغنية بالغذاء غالبا" وتنتج بأعداد قليلة .

والإخصاب هو إندماج نواة المشيج الذكرى بنواة المشيج الأنثوى لتكوين اللاقحة ، التى تستعيد ازدواج الصبغيات (٢ن) وتمضى نحو تكوين الجنين بالانقسام الميتوزى.

والإخصاب إما أن يكون خارج جسم الأنثى (إخصاب خارجي) كما في حالة الأسماك العظمية والضفادع ، أو يكون داخل جسم الأنثى (إخصاب داخلي) كما في الأسماك الغضروفية والزواحف والطيوروالثديات.

ثالثاً : تعاقب الأجيال Alternation of generations

هناك بعض الأنواع النباتية والحيوانية لها القدرة على التكاثر بالطريقتين اللاجنسية والجنسية حيث يتعاقب فى دورة حياتها جيل يتكاثر جنسياً مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيا" ، فيجنى مميزاتهما معا" في تحقيق سرعة التكاثر والتنوع الوراثي بما يمكنه من الانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وقد يتبع ذلك تباين في المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال .

وتتضح هذه الظاهرة في الأمثلة التالية :-

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

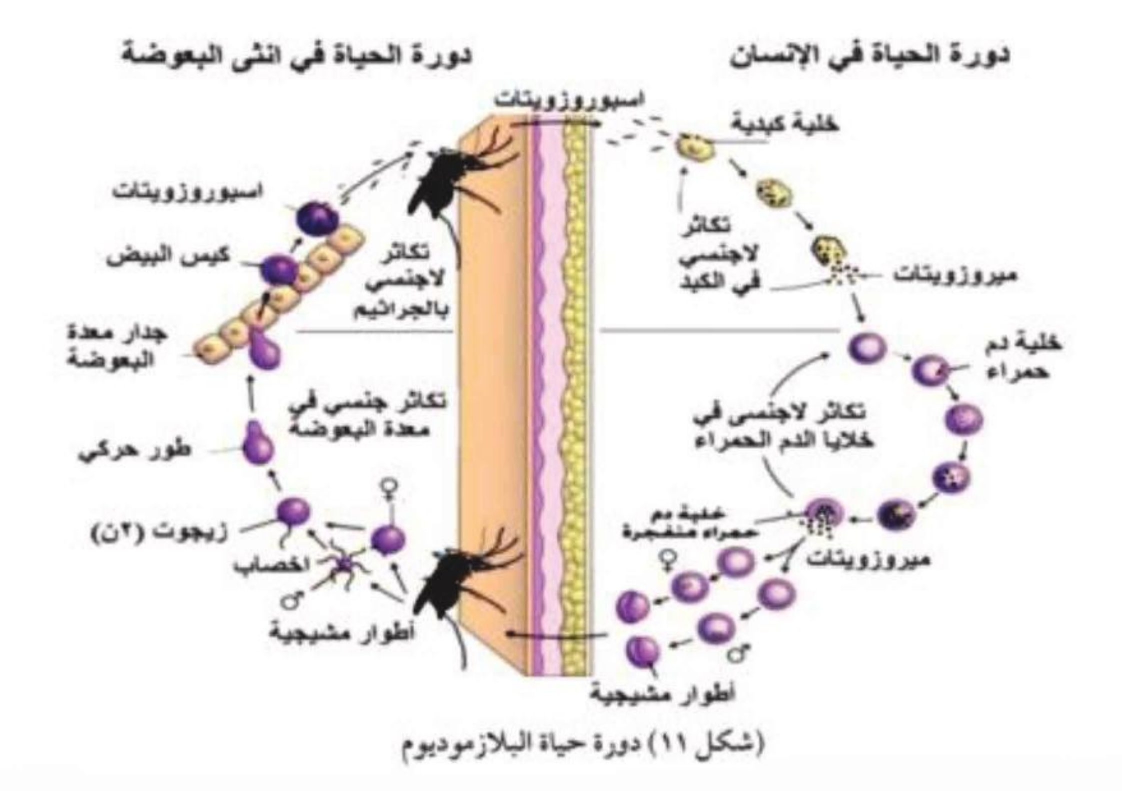
١- دورة حياة بلازموديوم الملاريا :

البلازموريوم من الأوليات الجرثومية التى تتطفل على الأنسان وأنثى بعوضه الأنوفيليس . وتبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة انوفيليس مصابة بالطفيل جلد الأنسان وتصب في دمه أشكالا مغزلية دقيقة هى الأسبوروزيتات (Sporozoites) التى تتجه إلى الكبد حيث تتكاثر لاجنسيًا بما يعرف بالتقطع (Schizogony) لتنتج الميروزيتات (Merozoites) التى تنتقل بعد ذلك لأصابة كريات الدم الحمراء.

تقضى الميروزويتات في كريات الدم الحمراء عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات التى تتحرر بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة، وتنطلق مواد سامة فيظهر على المصاب حينئذ أعراض حمى الملاريا (كارتفاع درجة الحرارة - الرعشة - العرق الغزير)

تتحول بعض الميروزويتات إلى أطوار مشيجية داخل كريات الدم الحمراء وتنتقل مع دم المصاب إلى البعوضة ، حيث يتم إندماج الأمشاج بعد نضجها فى معدة البعوضة وتتكون اللاقحة (زيجوت ٢ن) (شكل ١١)

تتحول اللاقحة إلى طور حركي Ookinete يخترق جدار المعدة وينقسم ميوزيا" مكونا" كيس البيض Oocyst الذى تنقسم نواته ميتوزيا" فيما يعرف بالتكاثر بالجراثيم Sporogony حيث تنتج العديد من الأسبوروزيتات التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعداداً لإصابة إنسان جديد



(شكل ١١) دورة حياة البلازموديوم

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



وهكذا يتعاقب في دورة حياة البلازموديوم جيل جنسى يتكاثر بالأمشاج (فى البعوضة) ثم أجيال لا جنسية تتكاثر بالجراثيم (في البعوضة) وبالتقطع فى الأنسان .

٢- دورة حياة نبات من السراخس Ferns

من أمثلة السراخس الشائعة نبات الفوجير المعروف كنبات زينة في المشاتل وكزبرة البئر التي تنمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة .

تبدأ دورة الحياة في نبات الفوجير (شكل ١٢) بالطور الجرثومي الذي يحمل الأوراق وعلى سطحها السفلي بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن) التي تنقسم ميوزيا لتكوين الجراثيم (ن).

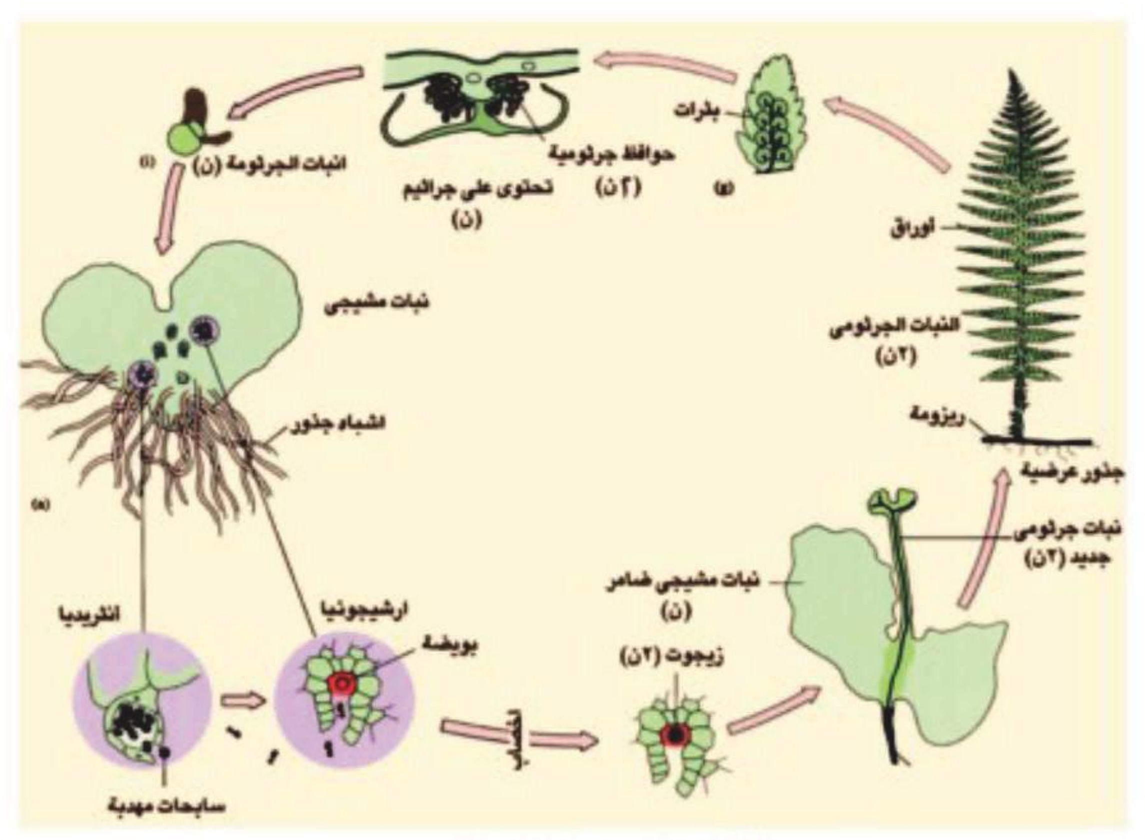
عند نضج الجراثيم، تتحرر من الحوافظ وتحملها الرياح لمسافات بعيدة

عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز إلي جسم مفلطح ينمو على شكل قلبي فوق التربة الرطبة ويعرف بالطور المشيجى وتتميز على مؤخرة السطح السفلى للطور المشيجى أشباه جذور كزوائد لامتصاص الماء والأملاح . كما تنمو زوائد تناسلية على مقدمة نفس السطح تعرف بالأنثريديا Antheridia كمناسل مذكرة والأرشيجونيا Archegonia كمناسل مؤنثة.

- بعد النضج ، تتحرر من الانثريديا الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلي الأرشيجونيا الناضجة لإخصاب البويضة بداخلها مكونة اللاقحة (٢ن) وبعد ذلك تنقسم اللاقحة وتتميز إلى نبات جرثومى جديد ينمو فوق النبات المشيجى ويعتمد عليه لفترة قصيرة حتى يكون لنفسه جذورا وساقا وأوراقا فيتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومي ليعيد دورة الحياة .

وهكذا يتعاقب طور جرثومي (٢ن) يتكاثر لاجنسيا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيا بالأمشاج فى دورة حياة السراخس التى تعد مثالا نموذجيا لظاهرة تعاقب الأجيال فى الأحياء.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



(شكل ١٢) دورة حياة نبات الفوجير

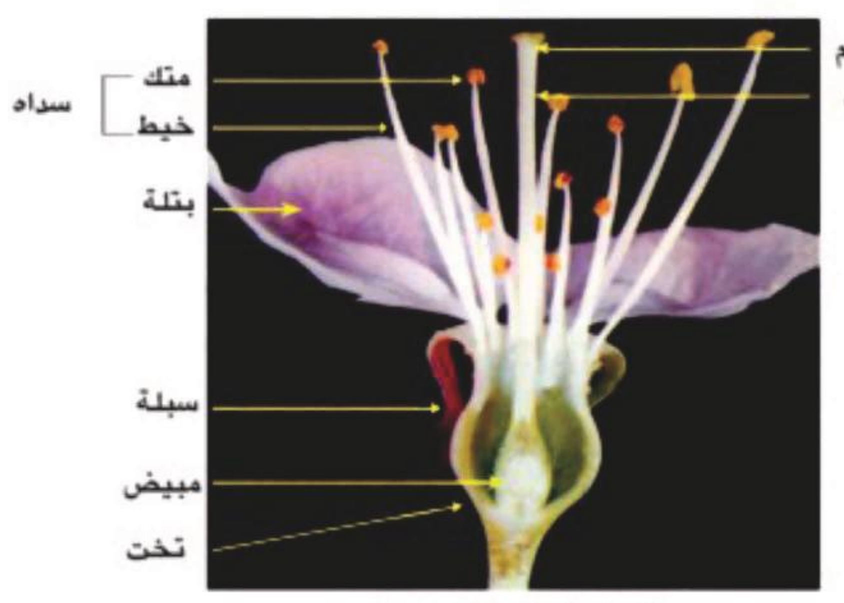
التكاثر في النباتات الزهرية
(Reproduction in flowering Plants)

النباتات الزهرية مجموعة كبيرة من النباتات البذرية التى تنشأ بذورها داخل غلاف ثمري فتعرف لهذا بمغطاة البذور التى تنتشر في بيئات مختلفة وتتفاوت فى الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة والزهرة هى العضو المتخصص بالتكاثر في هذه النباتات .

تركيب الزهرة النموذجية:

تخرج الزهرة من إبط ورقة خضراء أو حرشفية تسمى القنابة . (Bract) وفى بعض الأحيان توجد أزهار بدون قنابات .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



شكل (١٣) قطاع طولى فى الزهرة

وتحمل الزهرة في بعض النباتات على عنق(Pedicel) فتكون معنقة وفى بعضها الأخر تكون جالسة . (Sessile) وللزهرة النموذجية أو الكاملة كالفول والتفاح والبصل والبيتونيا أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذي يليه

- **الكأس** (Calyx) المحيط الخارجي للزهرة ، يتكون من أوراق خضراء تعرف بالسبلات Sepals وتقوم بحماية الأجزاء الداخلية للزهرة من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح
- **التويج** (Corolla) المحيط الذى يلى الكأس للداخل ، يتكون من صف واحد أو اكثر من البتلات (Petals) التى تساعد فى حماية الأجزاء الجنسية للزهرة وجذب الحشرات لأتمام عملية التلقيح

- في أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة كالتيوليب والبصل ، يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج ، حينئذ يعرف المحيطان الخارجيان بالغلاف الزهرى(Perianth)

- **الطلع** (Androecium) عضو التذكير ، يتكون من أوراق متعددة تسمى الأسدية (Stamens)كل منها مكون من خيط (Filament) يحمل على قمته المتوك Anther الذي يحتوى على أربعة أكياس من حبوب اللقاح .(pollen grains)
- **المتاع**(Gynoecium) عضو التأنيث ، يقع في مركز الزهرة ويتكون من كر بلة واحدة carpel أو اكثر، وتكون قاعدة الكر بلة منتفخة وتعرف بالمبيض ovary الذي يحتوى البويضات ovules، وقد تلتحم الكر ابل أو تبقى منفصلة . ويعلو المبيض عنق رفيع يسمى القلم ينتهى بميسم stigma لزج أو ريشي تلتصق عليه أو يلتقط حبوب اللقاح.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

آلية التكاثر في الزهرة:

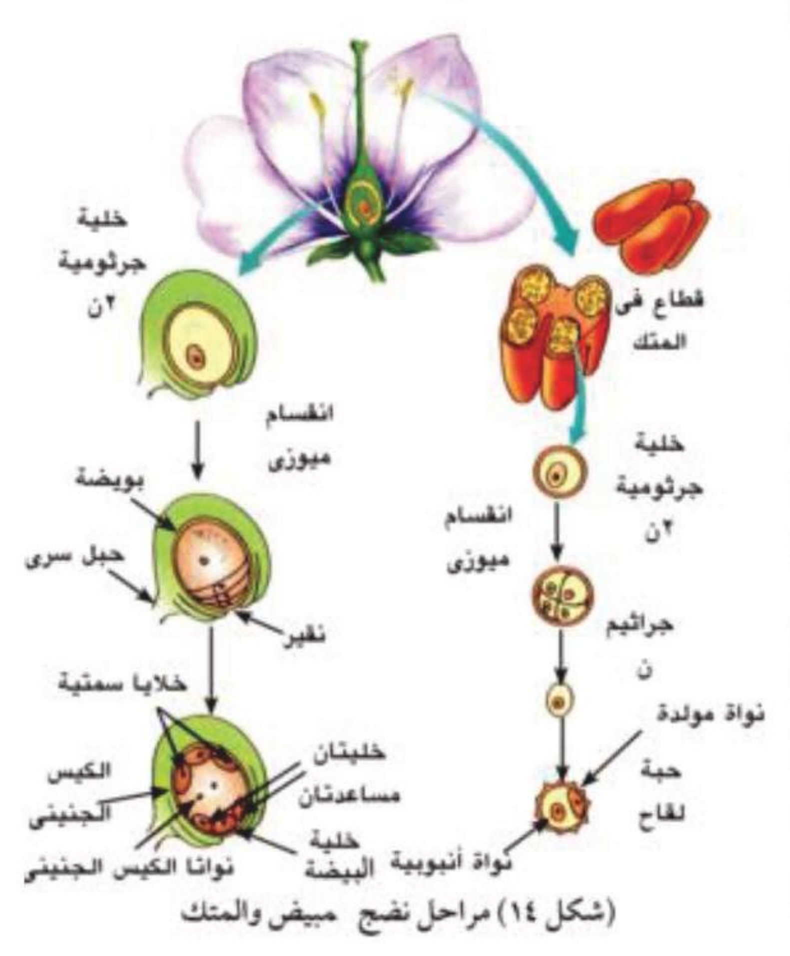
لكي تقوم الزهرة بوظائفها في التكاثر لاستمرار النوع ، فإنه يجب أولا أن تقوم الأسدية بإعداد حبوب اللقاح ، والمبيض بإعداد البويضات ، ثم تأتى عمليتا التلقيح والإخصاب فتكوين الثمرة والبذور وذلك كما يلي :

أولا : تكوين حبوب اللقاح :

إذا فحصت قطاعا عرضيا" في متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم ، كما في الزنبق مثلا (شكل ١٤) تشاهد احتواءه على أربعة أكياس لحبوب اللقاح ، وقبل أن تتكون حبوب اللقاح أثناء نمو الزهرة تكون هذه الأكياس مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تسمى الخلايا الجرثومية الأمية.

التى تحتوى على عدد زوجى من الصبغيات (٢ن)

- تنقسم كل خلية من هذه الخلايا انقساما ميوزيا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد (ن) من الصبغيات وتسمى الجراثيم الصغيرة (Microspores) ثم تتحول كل منها إلي حبة لقاح بأن تنقسم النواة انقساما" ميتوزيا إلي نواتين تعرف إحداهما بالنواة الأنبوبية (Tube nucleus) والأخرى بالنواة المولدة (Generative Nucleus) ثم يتغلظ غلاف حبة اللقاح لحمايتها.



(شكل ١٤) مراحل نضج مبيض والمتك

- فى هذه الحالة يصبح المتك ناضجاً ، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتتفتح الأكياس وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ثانياً : تكوين البويضات

أثناء تكوين حبوب اللقاح في المتك - تحدث تغييرات مناظرة في المبيض على النحو التالي:

- تبدأ البويضة في الظهور كانتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل ،ويحتوى خلية جرثومية أمية كبيرة ، ومع نمو البويضة يتكون لها عنق أو حبل سرى (Funicle) يصلها بجدار المبيض (ومن خلاله تصل إليها المواد الغذائية) ثم يتكون حولها غلافان (Integuments)يحيطان بها تماما فيما عدا ثقب صغير يسمى النقير (Micropyle) يتم من خلاله إخصاب البويضة.

- في داخل البويضة تنقسم الخلية الجرثومية الأم (٢ن) ميوزيا لتعطى صفا من أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن) ثم تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا ، وتبقى واحدة لتنمو بسرعة وتكون الكيس الجنينى (Embryo Sac) الذى يحيط به نسيج غذائي يسمى النيوسيلة (Nucellus)

- في داخل الكيس الجنينى تتم المراحل التالية :-

١- تنقسم النواة (ميتوزيا) ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية تهاجر ٤ إلى كل من طرفي الكيس الجنينى.

٢- تنتقل واحدة من كل الأربعة أنوية السابقة إلى وسط الكيس الجنينى وتعرفان بالنواتين القطبيتين . (Polar Nuclei)

٣- تحاط كل نواة من الثلاث الباقية فى كل من طرفي الكيس الجنيني بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق لتكون خلايا .



شكل (١٥) قطاع فى مبيض ناضج

٤- تنمو من الثلاث خلايا القريبة من النقير واحدة وسطية لتصبح خلية البيضة (المشيج المؤنث) (eggcell) وتعرف الخليتان اللتان على جانبيها بالخليتين المساعدتين (Synergids) كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير بالخلايا السمتية (Antipodal Cells) وتصبح خلية البيضة بعد ذلك جاهزة للاخصاب (شكل ١٥) .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ثالثا : التلقيح والإخصاب :-

أ. عملية التلقيح : هى انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة

■ **أنواع التلقيح :**

١- تلقيح ذاتي : إنتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلي ميسم نفس الزهرة أو إلي ميسم زهرة أخرى على نفس النبات

٢- تلقيح خلطي : انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة على نبات إلى ميسم زهرة على نبات آخر من نفس النوع.

■ يشيع التلقيح الخلطى بين النباتات تبعاً" لتوافر عوامل معينة مثل

- أن تكون الأزهار وحيدة الجنس
- نضج أحد شقى الأعضاء الجنسية قبل الأخر .
- أن يكون مستوى المتك منخفضا" عن مستوى الميسم .

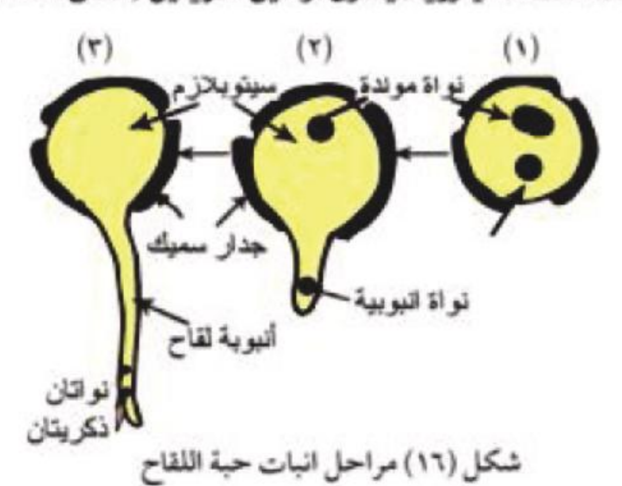
■ يحتاج التلقيح الخلطى إلى وسائل لنقل حبوب اللقاح مثل الهواء - الحشرات - الماء - الإنسان.

ب - عملية الإخصاب :-

يحدث الإخصاب حسب المراحل التالية :

١- إنبات حبوب اللقاح

عندما تسقط حبوب اللقاح على الميسم تبدأ في الإنبات حيث تقوم النواة الأنبوبية بتكوين أنبوبة لقاح تخترق الميسم والقلم وتصل حتى موقع النقير في المبيض ثم تتلاشى النواة الأنبوبية بينما تنقسم النواة المولدة انقساماً ميتوزياً فيتكون نواتين ذكريتين (شكلى ١٦، ١٧)



شكل (١٦) مراحل انبات حبة اللقاح



شكل (١٧) حبة اللقاح تحت الميكروسكوب

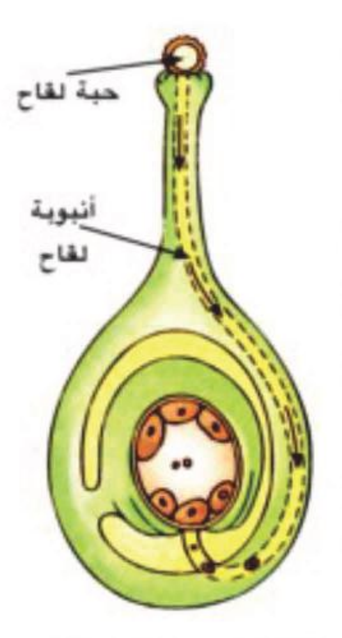
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



تنتقل نواة ذكرية (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح وتندمج مع نواة خلية البيضة (ن) فيتكون الزيجوت (٢ن) ثم ينقسم مكوناً الجنين (٢ن) شكل «١٨».

- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) إلى البويضة لتندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنيني (٢ن) لتكوين نواة الأندوسبرم (٣ن) وتعرف المرحلة الأخيرة باسم الاندماج الثلاثي، وتسمى مرحلتي الإخصاب بالإخصاب المزدوج.

- تنقسم نواة الأندوسبرم لتعطى نسيج الأندوسبرم لتغذية الجنين في مراحل نموه الأولى. ويبقى هذا النسيج خارج الجنين فيشغل جزءاً من البذرة.



شكل (١٨) عملية الإخصاب

نواة ذكرية (ن) + نواة خلية البيضة (ن) ⟵ زيجوت (٢ن) ⟵ جنين (٢ن)

نواة ذكرية (ن) + نواتا الكيس الجنيني (٢ن) ⟵ نواة الإندوسبرم (٣ ن)

٢- تكوين البذرة والثمرة:

في بعض أنواع البذور لا يتغذي الجنين على جميع الاندوسبرم أثناء تكوينه وتسمى البذور في هذه الحالة (بذور اندوسبرمية) مثل بذور النباتات ذات الفلقة الواحدة والتي قد تلتحم فيها أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكون ثمرة بها بذرة واحدة تعرف حينئذ بالحبة (grain) مثل القمح والذرة وقد لا يحدث هذا الالتحام لتكون فقط بذرة وحيدة الفلقة كما في البلح. كما أن هناك نباتات ذات فلقتين تنتج بذور اندوسبرمية كنبات الخروع وفي هذا النوع من البذور لا تخزن الفلقة أو الفلقتين غذاء آخر حيث أن المتبقى من الاندوسبرم يكفي الجنين أثناء إنبات البذور. وقد يتغذى الجنين على جميع الأندوسبرم أثناء تكوينه الجنيني وفي هذه الحالة يضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين في الفلقتين لاستخدامه أثناء الإنبات مثل بذور النباتات ذات الفلقتين كالفول والبسلة. وفي كلا النوعين من البذور تندمج وتتصلب أغلفة البويضة لتكوين القصرة أو غلاف البذرة.

بعد حدوث الإخصاب يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم ولا تبقى من الزهرة سوى مبيضها الذى يختزن الغذاء ويكبر في الحجم وينضج ويتحول إلى ثمرة بفعل هرمونات يفرزها المبيض، ويصبح جدار المبيض هو غلاف الثمرة وتصبح أغلفة البويضة غلافاً للبذرة وتتحلل الخليتان المساعدتان والخلايا السمتية ويبقى النقير ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الانبات.

- هناك بعض الثمار التى يمكنها أن تحتفظ بأجزاء أخرى من الزهرة مثل :-

- ثمرة الرمان تبقى بها أوراق الكأس والأسدية.
- ثمرة الباذنجان والبلح يبقى بها أوراق الكأس.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

■ ثمرة القرع يبقى بها أوراق التويج .

- الثمرة الكاذبة : False Fruits

هى الثمرة التى يتشحم فيها أى جزء غير مبيضها بالغذاء مثال ثمرة التفاح الذى يتشحم فيها التخت

مما سبق نستنتج أن التلقيح يوفر للزهرة الخلايا الذكرية اللازمة لعملية الإخصاب فى البويضة التى تكون البذرة كما يحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة حتى لو لم يحدث إخصاب.

- الإثمار العذرى : Parthenocarpy

هو تكوين ثمرة بدون بذور لأنها تتكون بدون عملية الاخصاب مثال الموز والأناناس ويمكن حدوث هذا صناعيا برش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في الاثير الكحولي) أو استخدام اندول أو نافثول حمض الخليك لتنبيه المبيض لتكوين الثمرة .

- يؤدى نضج الثمار والبذور غالبا إلى تعطيل النمو الخضري للنبات، وأحيانا إلى موته، وخاصة فى النباتات الحولية بسبب استهلاك المواد الغذائية المختزنة وتثبيط الهرمونات، فإذا لم يتم التلقيح والإخصاب تذبل الزهرة وتسقط دون تكوين الثمرة .

التكاثر فى الإنسان

ينتمى الإنسان إلى طائفة الثدييات التى تتميز بحمل الجنين حتى الولادة ، ولذا تكون بويضاتها صغيرة وشحيحة المح ، كما أن إنتاجها للصغار محدود نظراً لما تلقاه من رعاية الأبوين وتصل هذه الرعاية أقصاها فى الإنسان الذى يحتاج وليده إلى سنوات طوال من التربية ، نظراً لتقدم عقله وتميز هيئته ، التى حباه الله وميزه على سائر المخلوقات .

الجهاز التناسلي الذكرى

يتكون جهاز التناسل الذكرى للإنسان (شكل ١٩) من خصيتين تخرج من كل منهما قنوات البربخ والوعاء الناقل وغدد ملحقة وقناة مجرى البول، ويقوم هذا الجهاز بوظيفة إنتاج الحيوانات المنوية وهرمونات الذكورة ، التى تسبب ظهور صفات الرجل الثانوية، كخشونة الصوت وقوة العضلات ونمو الشعر على الوجه....الخ

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



(أ) الخصيتان : يحاطان بكيس الصفن الذى يتدلى خارج تجويف البطن ، وقد انتقلت الخصيتان إليه من داخل ذلك التجويف وهو جنين فى أشهر الحمل الأخيرة، ويهيئ بقائهما فى ذلك الوضع انخفاض درجة حرارتها عن حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية بهما ولو تعطل خروجهما لتوقف إنتاج المنى فيهما مما يسبب العقم .

شكل (١٩) الجهاز التناسلى الذكرى فى الإنسان (منظر جانبى)

أهمية الخصية :

١- إنتاج حيوانات منوية

٢- إفراز هرمون التستوستيرون الذى يؤدى إلى ظهور الصفات الثانوية الذكرية عند البلوغ.

(ب) البربخان : تخرج من كل خصية قناة تلتف حول بعضها تسمى البربخ يتم فيها تخزين الحيوانات المنوية وتصب في قناة تسمى الوعاء الناقل .

(ج) الوعاءان الناقلان : يقوم كل وعاء بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلي مجرى البول.

(د) الحوصلتان المنويتان : تفرز سائل قلوى يحتوي علي سكر فركتوز لتغذية الحيوانات المنوية

(هـ) غدة البروستاتا وغدتا كوبر : تفرزان سائل قلوى يعمل على معادلة الوسط الحمضى في قناة مجرى البول لكي يصبح وسط متعادل مناسب لمرور الحيوانات المنوية فيه وهذا السائل القلوي يمر في قناة مجرى البول قبل مرور الحيوانات المنوية فيها مباشرة .

(و) القضيب : عضو يتكون من نسيج اسفنجى تمر فيه قناة مجرى البول ، حيث ينتقل من خلالها البول والحيوانات المنوية كلّ على حدة .

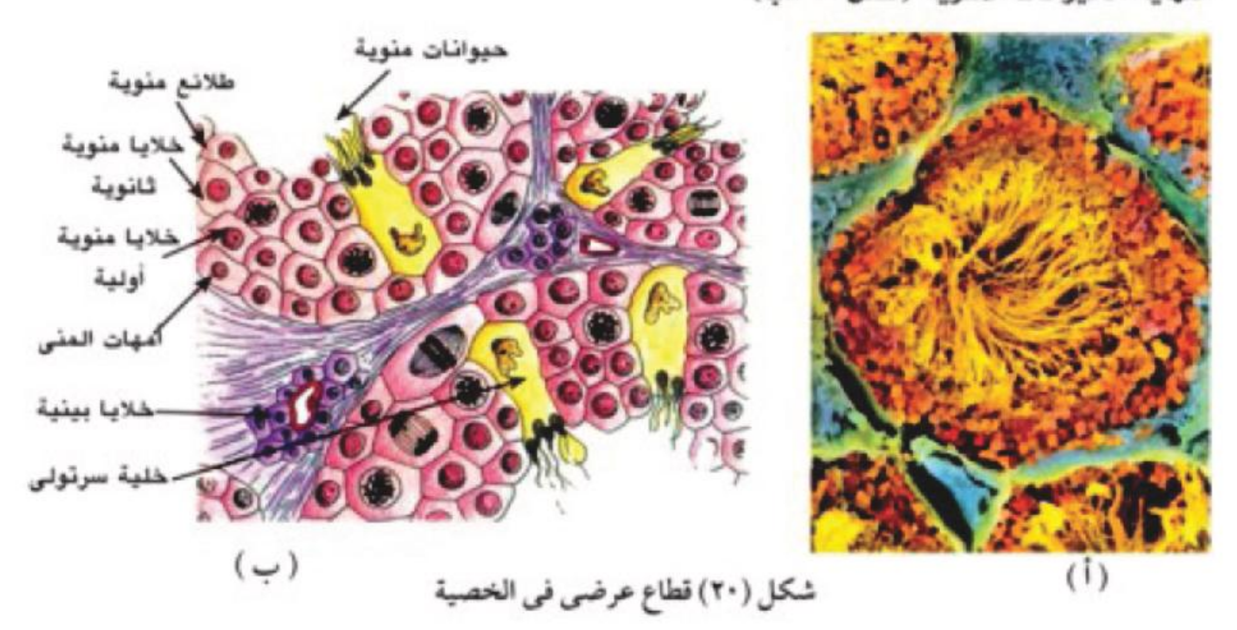
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

دراسة قطاع عرضى فى الخصية

تتكون الخصية من انيبيبات منوية ، توجد فيما بينها خلايا بينية تفرز هرمون التستوستيرون.

- يوجد داخل كل انيبية منوية خلايا تسمي خلايا سرتولي تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية ويعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضا.

- توجد خلايا مبطنة لكل انيبية منوية تسمى خلايا جرثومية أمية (٢ن) تنقسم هذه الخلايا وتكون في النهاية الحيوانات المنوية (شكل ٢٠ أ،ب)



شكل (٢٠) قطاع عرضى فى الخصية

مراحل تكوين الحيوانات المنوية :-

تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية (شكل ٢١) بأربعة مراحل هامة هي :-

(أ) مرحلة التضاعف : هي المرحلة التى يحدث فيها انقسام ميتوزى عدة مرات فى الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) وينتج عن هذا الانقسام عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المنى (٢ن) .

(ب) مرحلة النمو : وفيها تختزن أمهات المنى قدراً من الغذاء وتتحول إلى خلايا منوية أولية (٢ن).

(ج) مرحلة النضج : تحدث فى هذه المرحلة انقسام ميوزى اول للخلايا المنوية الأولية (٢ن) فتعطى خلايا منوية ثانوية (ن) التى تنقسم انقسام ميوزى ثان فتعطى طلائع منوية (ن)

تلاحظ في مرحلة النضج حدوث اختزال في عدد الصبغيات إلى النصف .

(د) مرحلة التشكل النهائى : وفيها تتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



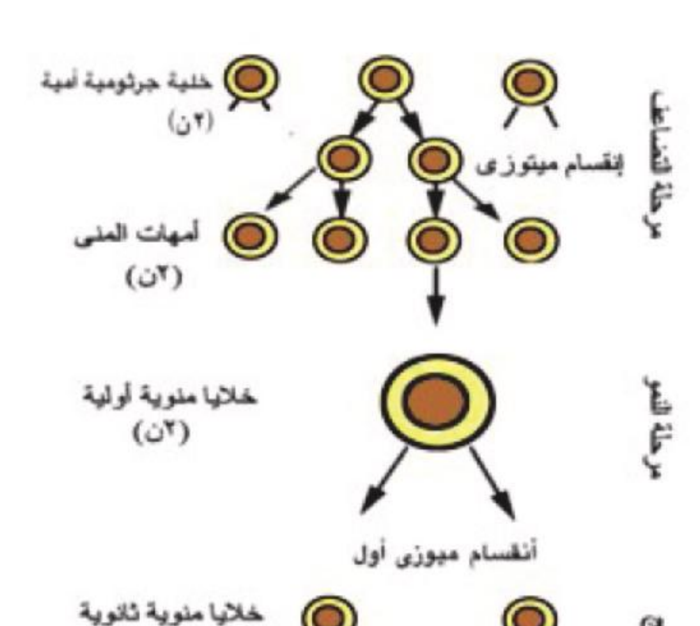
تركيب الحيوان المنوى : يتكون من

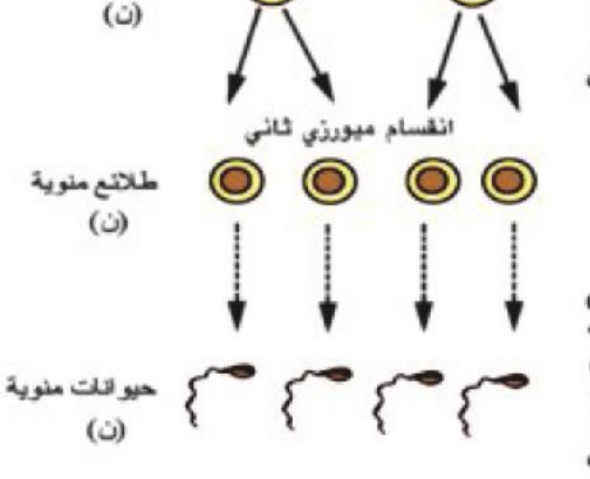
(أ) الرأس : تحتوى على نواة بها ٢٣ كرموسوم. وفى مقدمة الرأس يوجد جسم قمى Acrosome يفرز إنزيم الهيالويورنيز، ويعمل هذا الانزيم على إذابة جزء من غلاف البويضة مما يسهل من عملية أختراق الحيوان المنوى للبويضة .

(ب) العنق: يحتوى سنتريولان يلعبان دوراً فى انقسام البويضة المخصبة .

(ج) القطعة الوسطى: تحتوى ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوى الطاقة اللازمة لحركته.

(د) الذيل: يتكون من محور و ينتهي بقطعة ذيليه ،ويساعد على حركة الحيوان المنوى .

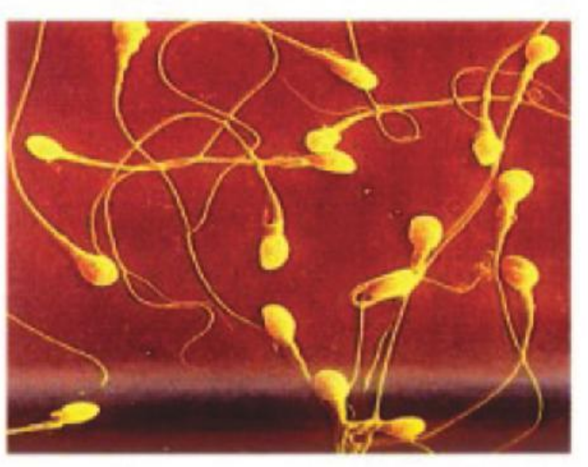




شكل (٢١) خطوات تكوين الحيوان المنوى



شكل (٢٢ - ب) تركيب الحيوان المنوى



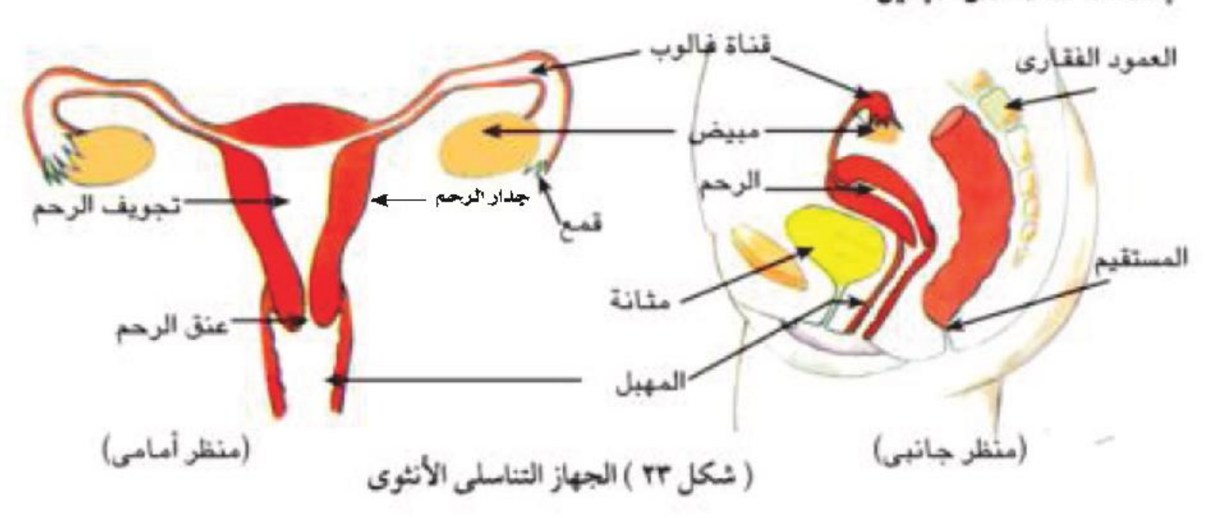
(شكل ٢٢ أ) حيوانات منوية تحت المجهر

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الجهاز التناسلى الأنثوى:

يتكون جهاز التناسل الأنثوى للأنسان من المبيضين وقناتى المبيض والرحم والمهبل. ويقوم هذا الجهاز بوظائف إنتاج البويضات و هرمونات الأنوثة .إلى جانب تهيئة مكان أمين لإتمام إخصاب البويضة وإيواء الجنين حتى الولادة (شكل٢٣).

وتتجمع أعضاء هذا الجهاز فى منطقة الحوض خلف المثانة .وتتثبت فى مكانها بأربطة مرنة تسمح لها بالتمدد أثناء حمل الجنين.



(شكل ٢٣) الجهاز التناسلى الأنثوى

أ- المبيضان (Ovaries): يوجدان على جانبى تجويف الحوض . والمبيض بيضاوى الشكل فى حجم اللوزة المقشورة ويحوى أثناء الطفولة عدة آلاف من البويضات فى مراحل نمو مختلفة . وبعد البلوغ تنضج من تلك الآلاف حوالى ٤٠٠ بويضة فقط خلال سنوات الخصوبة والتى يمكن أن يحدث بها الإنجاب التى تستمر حوالى ٣٠ سنة بعد البلوغ، وذلك بمعدل بويضة واحدة من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهريًا يفرز المبيض هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دورة الطمث وتكوين الجنين.

ب- قناتى فالوب (Fallopian tubes) : تفتح كل قناة منهما بواسطة قمع ، يقع مباشرة أمام المبيض وذلك لضمان سقوط البويضات فى قناة فالوب بالإضافة لوجود زوائد إصبعية تعمل على التقاط البويضة، وتبطن قناة فالوب بأهداب تعمل على توجية البويضات نحو الرحم .

ج-الرحم (Uterus) : عبارة عن كيس عضلى مرن يوجد بين عظام الحوض و مزود بجدار عضلى سميك قوى ، ويبطن الرحم بغشاء غدى وينتهى بعنق ويفتح فى المهبل . ويتم بداخلة تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

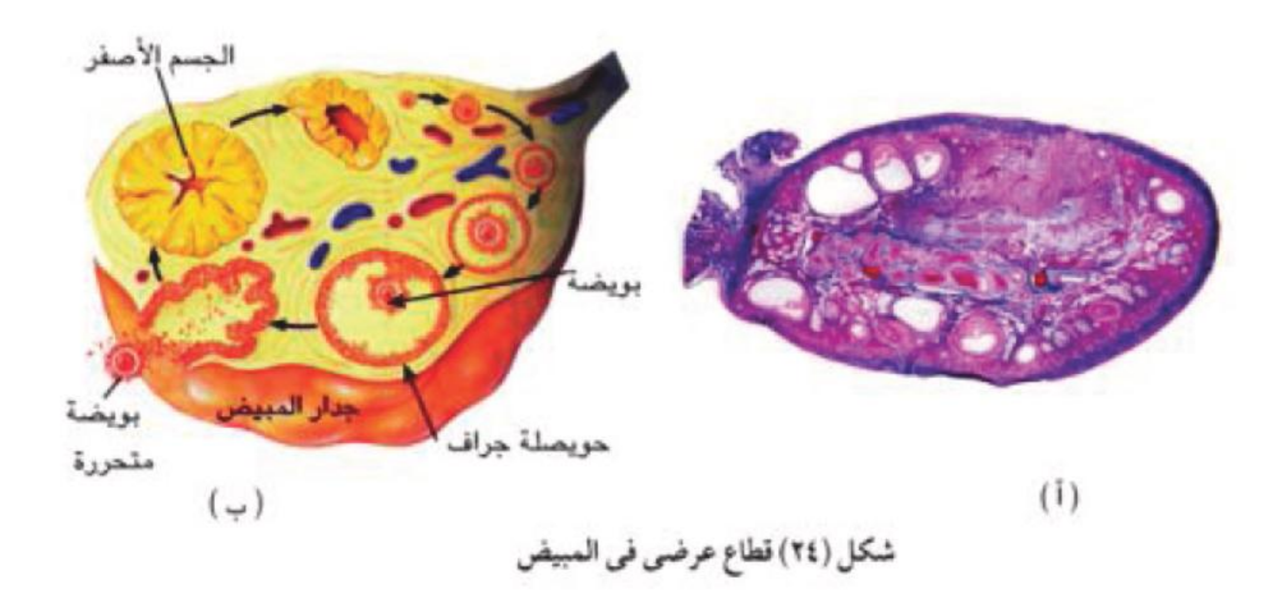


د - المهبل : قناة عضلية يصل طولها إلى حوالى ٧ سم ، وتبدأ من عنق الرحم وتنتهى بالفتحة التناسلية ، والمهبل مبطن بغشاء يفرز سائل مخاطى يعمل على ترطيب المهبل ، وبه ثنيات تسمح بتمدده خاصة اثناء خروج الجنين.

تتغير حالة الجهاز التناسلى للأنثى بصفه دوريه بعد البلوغ (عند عمر ١٢-١٥ سنه) تبعاً لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل ، أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهرى المعروف بالطمث .وعند عمر٤٥-٥٠ سنة يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتنكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث (Menopause) .

دراسة قطاع عرضى فى المبيض:

يلاحظ من دراسة القطاع العرضى فى المبيض (شكل ٢٤) أنه يتكون من مجموعة من الخلايا تكون فى مراحل مختلفة ، وتكون البويضة داخل حويصلة جراف ، وتتحول إلى جسم أصفر بعد تحرر البويضة منها .



شكل (٢٤) قطاع عرضى فى المبيض

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

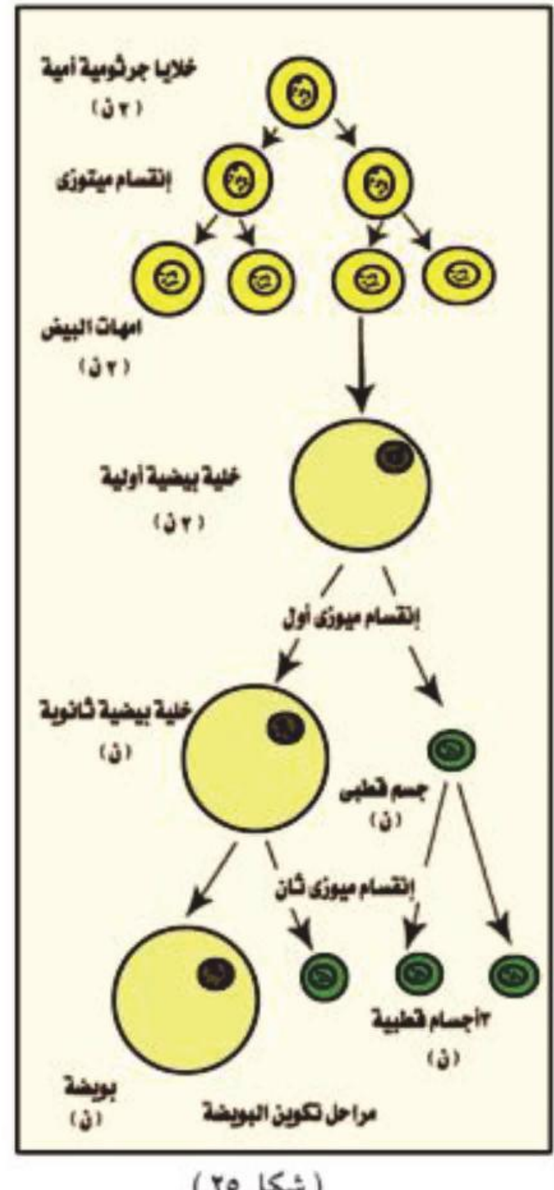
مراحل تكوين البويضة:

تتم عملية تكوين البويضة فى ثلاث مراحل هامة (شكل ٢٥) هى :

(أ)مرحلة التضاعف: تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسام ميتوزى فتتكون خلايا تسمى أمهات البيض (٢ ن) (تحدث هذه المرحله فى الجنين) .

(ب) مرحلة النمو: تختزن أمهات البيض (٢ ن) قدر من الغذاء وتكبر فى الحجم وتتحول إلى خلايا بيضية أولية (٢ ن) (تحدث هذه المرحلة فى الجنين).

(ج) مرحلة النضج: تنقسم الخلية البيضية الأولية انقسام ميوزى أول فينتج خلية بيضية ثانوية وجسم قطبى كل منهما (ن) وتكون الخلية البيضية أكبر من الجسم القطبى ، وتنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) انقسام ميوزى ثانٍ فتعطى بويضة وجسم قطبى وقد ينقسم الجسم القطبى الأخر انقسام ميوزى ثان فينتج جسمان قطبيان وتكون المحصلة ثلاث أجسام قطبية ويتم الانقسام الميوزى الثانى لحظة دخول الحيوان المنوى داخل البويضة وقبل إتمام عملية الإخصاب



(شكل ٢٥)

تحتوى البويضة سيتوبلازم ونواة و تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك ، وتعمل إنزيمات الجسم القمى للحيوانات المنوية على إذابتها عند موضع الاختراق ، لذا تحتاج عملية اختراق البويضة إلى ملايين من الحيوانات المنوية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

دورة التزاوج: Breeding Cycle

توجد فى حياة الثدييات المشيمية عامة والتى منها الإنسان فترات معينة ، ينشط فيها المبيض فى الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة ،تتزامن مع وظيفة التزاوج والإنجاب فيها فتعرف بدورة التزاوج، وتختلف مدة هذه الدورات فى الثدييات المختلفة فهى سنوية كما فى الأسد والنمر و نصف سنوية كما فى القطط والكلاب، وشهرية كما فى الأرانب والفئران، أما فى الإنسان فتعرف باسم الدورة الشهرية (دورة الطمث) ومدتها ٢٨ يومًا

دورة الطمث (الحيض): Menstrual Cycle

تنقسم دورة الحيض (شكل ٢٦) إلى ثلاثة مراحل كما يلى :

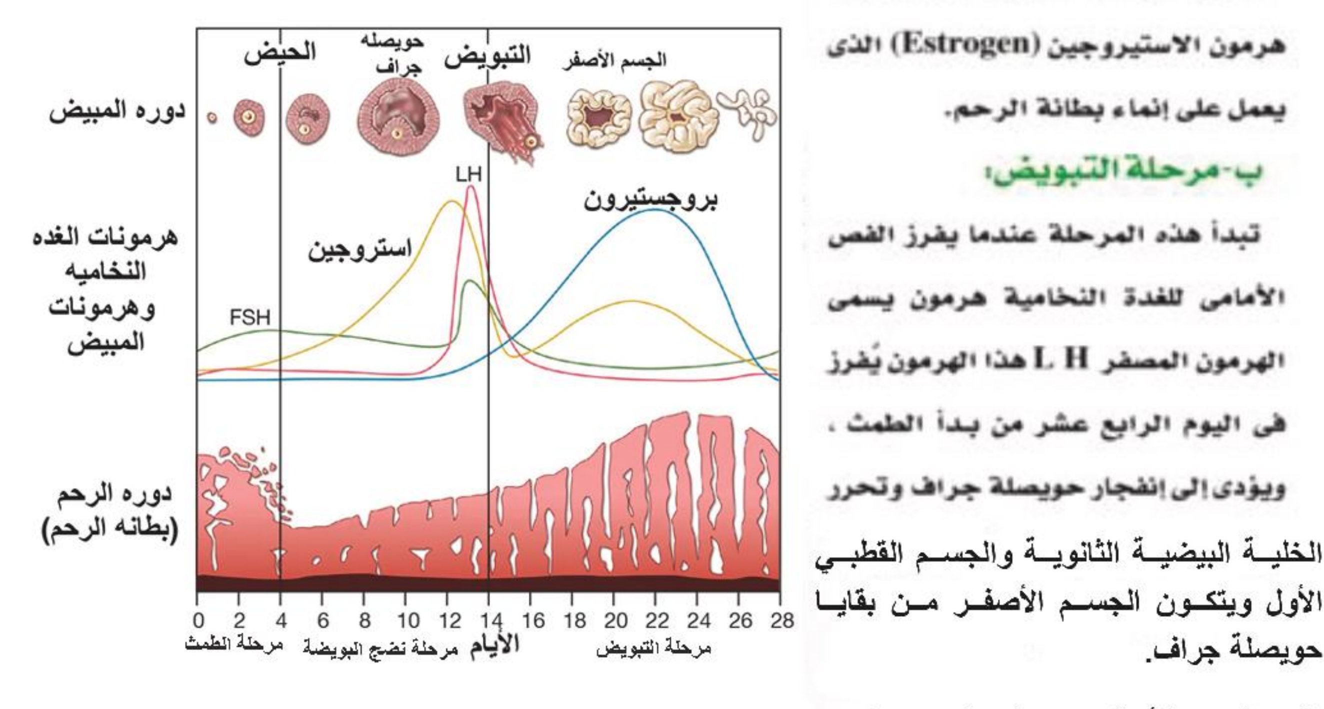
أ - مرحلة نضج البويضة :

يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون التحوصل (F.S.H) هذا الهرمون يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف (Graafian follicle) التي يتم داخلها إنضاج البويضة. ويستغرق نمو حويصلة جراف حوالى عشرة أيام.

تفرز حويصلة جراف أثناء نموها هرمون الاستيروجين (Estrogen) الذى يعمل على إنماء بطانة الرحم.

ب-مرحلة التبويض:

تبدأ هذه المرحلة عندما يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية هرمون يسمى الهرمون المصفر L H هذا الهرمون يُفرز فى اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث ، ويؤدى إلى انفجار حويصلة جراف وتحرر الخلية البيضية الثانوية والجسم القطبي الأول ويتكون الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.



شكل (٢٦) مخطط دورة الطمث

يفرز الجسم الأصفر هرمونى البروجسترون (Progesterone) والاستروجين اللذان يعملان على زيادة سمك بطانة

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

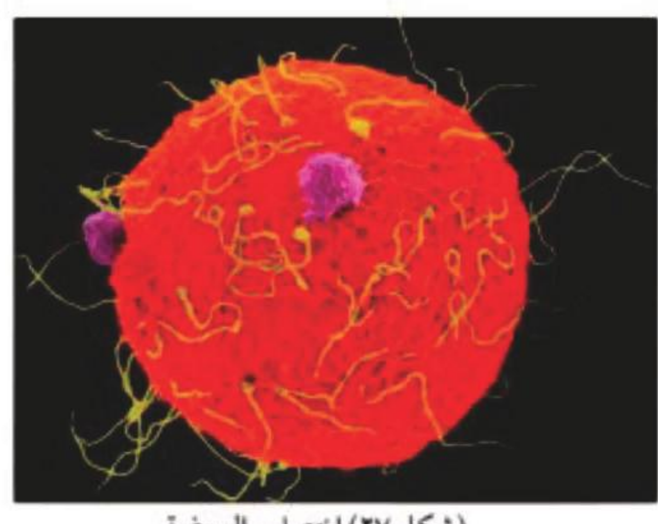
الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها. يستمر هذا الطور حوالى ١٤ يوم.

ج- مرحلة الطمث:

إذا لم تخصب البويضة يضمر الجسم الأصفر تدريجيًا ويقل إفراز هرموني البروجسترون والاستروجين ويؤدى ذلك إلى تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم مما يؤدى إلى خروج الدم فيما يسمى "بالطمث" الذى يستغرق من ٣-٥ أيام وتبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر .أما فى حالة حدوث إخصاب للبويضة . يبقى الجسم الأصفر ليفرز الاستروجين والبروجسترون بما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة . ويصل الجسم الأصفر لأقصى نموه فى نهاية الشهر الثالث للحمل ثم يبدأ فى الإنكماش فى الشهر الرابع .حينما تكون المشيمة قد تقدم نموها فى الرحم و تصبح قادرة على إفراز الاستروجين و البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز البروجسترون الذى ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجى . تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أى قبل إكتمال نمو المشيمة) يؤدى إلى الإجهاض.

الاخصاب:

هو اندماج نواة المشيج المذكر (الحيوان المنوي) مع نواة المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذي ينقسم مكونًا الجنين.


(شكل ٢٧) إخصاب البويضة

- بعد تحرر البويضة فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث تكون جاهزه للاخصاب فى خلال يومين، ويتم إخصابها فى الثلث الاول من قناة فالوب.

- عدد الحيوانات المنوية التى تخرج من الرجل فى كل تزاوج تتراوح ما بين ٣٠٠-٥٠٠ مليون حيوان منوي يفقد الكثير منها أثناء رحلتها إلى البويضة و لذلك قد يعتبر الرجل عقيماً إذا كان عدد الحيوانات المنوية عند التزاوج أقل من ٢٠ مليون حيوان منوى.

-تشترك الحيوانات المنوية معاً فى إفراز إنزيم الهيالويورنيز . الذى يذيب جزء من غلاف البويضة فيدخل حيوان منوى واحد . (يدخل الرأس و العنق فقط) (شكل٢٧)

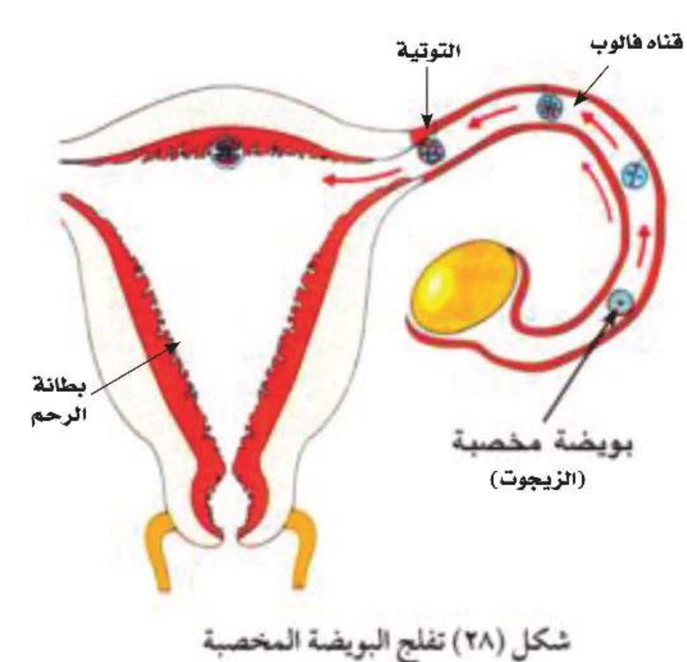
-يمكن للحيوانات المنوية أن تبقى حية داخل الجهاز التناسلى المؤنث حوالى ٢-٣ يوم .

-بعد الاخصاب تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أى حيوان منوى آخر.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



الحمل ونمو الجنين:



شكل (٢٨) تفلج البويضة المخصبة

تنقسم اللاقحة (الزيجوت) بعد يوم واحد من الإخصاب فى بداية قناة فالوب إلى خليتين (فلجتين) بالإنقسام الميتوزى ثم تتضاعف لأربعة خلايا فى اليوم التالى ، ثم يتكرر الإنقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف باسم التوتية (morula) والتي تهبط بدفع أهداب قناة فالوب وتتحول تدريجيًا إلى كرة مجوفة من الخلايا تعرف باسم البلاستوسيست (Blastocyst) التي تصل إلى الرحم وتنغمس بين ثنايا بطانة الرحم السميكة في نهاية الأسبوع الأول.

وتتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموى اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.

الأغشية الجنينية:

يتزايد نمو الجنين ، ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء و ينشأ حول الجنين غشاءان ، الخارجى يسمى السَّلى (Chorion). والداخلى يسمى الرهل .(Amnion)

(أ) غشاء الرهل:

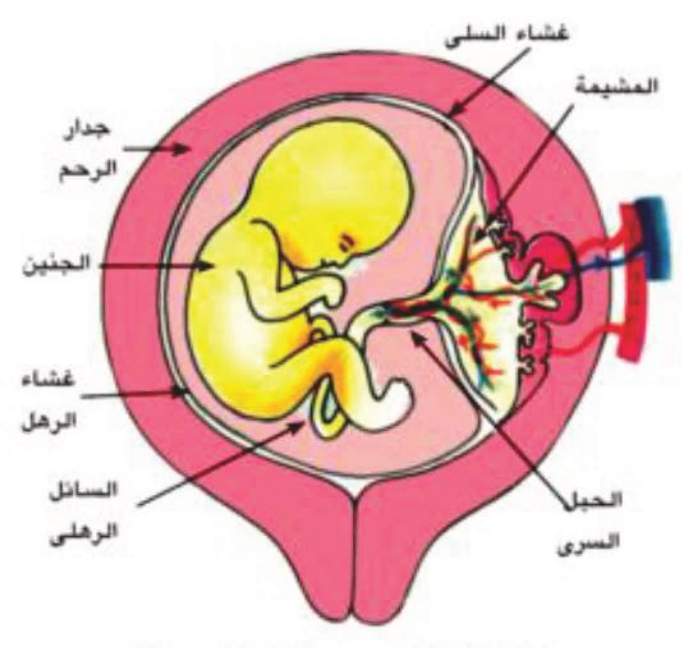
هو غشاء يحيط بالجنين ويحتوى على سائل يحمى الجنين من الجفاف وتحمل الصدمات.

- يتصل الجنين بالمشيمة بواسطة الحبل السرى(Umbilical Cord) الذى يصل طوله حوالى ٧٠ سم ليسمح بحرية حركة أكبر للجنين و الحبل السرى نسيج غنى بالشعيرات الدموية التى تقوم بنقل المواد الغذائية المهضومة و الفيتامينات الماء والأملاح والأكسجين من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين وتقوم بنقل المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.

(ب) غشاء السَّلى :

هو غشاء يحيط حول غشاء الرهل ، ووظيفته حماية الجنين ، يخرج من غشاء السَّلى بروزات أو خملات اصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم وتسمى المشيمة (شكل ٢٩) .

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



شكل (٢٩) الجنين والأغشية الجنينية

أهمية المشيمة :

١- نقل المواد الغذائية المهضومه و الماء والأكسجين و الفيتامينات من دم الأم إلى دم الجنين بالانتشار وتخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.

٢- إفراز هرمون البروجسترون بدءاً من الشهر الرابع من الحمل حيث يضمر الجسم الأصفر، وتصبح المشيمة هى مصدر إفراز هرمون البروجسترون .

ملحوظة:

تقوم المشيمة أيضا بنقل العقاقير و المواد الضارة مثل الكحول و النيكوتين و الفيروسات من دم الأم إلى الجنين ، مما يسبب له أضراراً بالغة و تشوهات وأمراض.

تنقسم فترة تكوين الجنين إلى ثلاثة مراحل هى :

(أ) المرحلة الأولى : وتشمل الشهور الثلاثة الأولى من الحمل ، حيث يبدأ تكوين الجهاز العصبي و القلب (فى الشهر الأول) وتتميز العينان و اليدان ، ويتميز الذكر عن الأنثى (تتكون الخصيتين فى الأسبوع السادس و يتكون المبيضين فى الأسبوع الثانى عشر) ويكون له القدرة على الاستجابة.

(ب) المرحلة الثانية : تشمل الشهور الثلاثة الوسطى ، حيث يكتمل نمو القلب و يسمع دقاته ... ويتكون الجهاز العظمى .و تكتمل أعضاء الحس ويزداد فى نمو الحجم (شكل ٣٠) .

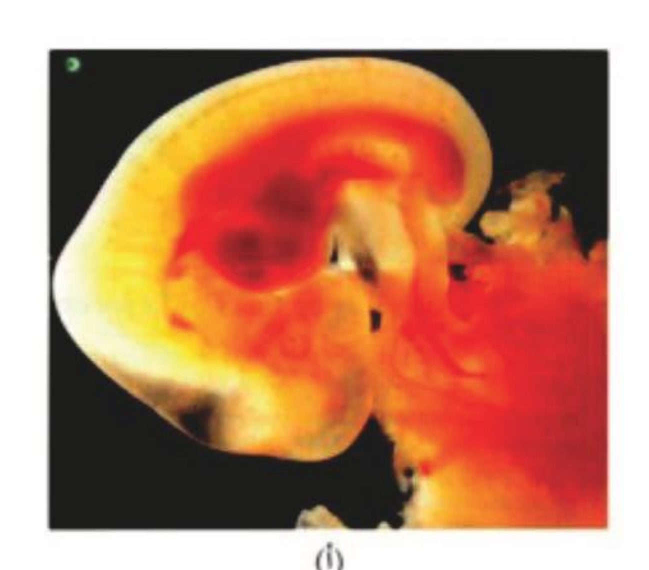
(ج) المرحلة الثالثة: تشمل الشهور الثلاثة الأخيرة، حيث يكتمل نمو المخ ويتباطأ نمو الجنين فى الحجم ويستكمل نمو باقى الأجهزة الداخلية. فى الشهر التاسع يبدأ تفكك المشيمة ويقل البروجسترون و يقل ارتباط المشيمة بالرحم ، إستعداداً للولادة، ثم يبدأ المخاض بإنقباض عضلات الرحم بشكل متتابع مما

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

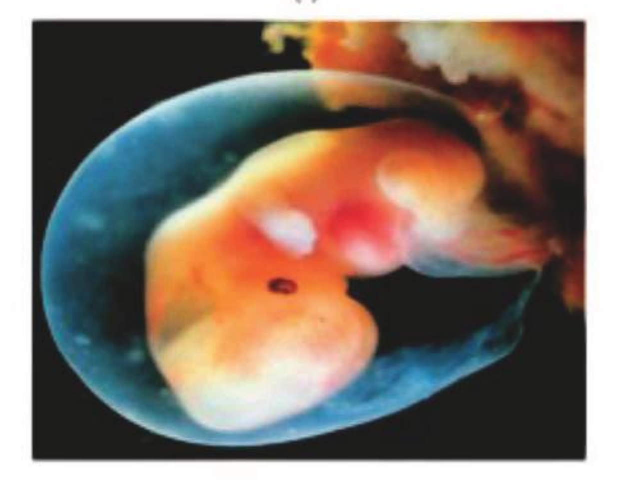


يدفع بالجنين إلى الخارج و يبدأ بصرخة يعمل على أثرها جهازه التنفسي ، ثم تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتُطرد للخارج، ثم يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود ، ويتحول غذاؤه إلى لبن الأم بتنبيه هرمونى من الغدة النخامية إلى ثدى الأم ، ليفرز فيتغذى الوليد بأثمن غذاء جسدى وعاطفى، يحميه من كثير من الاضطرابات العضوية والنفسية فى المستقبل.

وقد لوحظ أن عمر الأنثى المناسب للحمل ما بين ١٨ و٣٥ سنة -فإذا قل أو زاد عن ذلك تعرض كل من الأم و الجنين لمتاعب خطيرة ، كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها، كما أن الإنجاب من زوج مسن قد يؤدى لنفس النتيجة فى الأبناء .



(أ)



(ب)

(جـ)

شكل (٣٠) تكوين الجنين

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

وسائل منع الحمل

يتم منع الحمل بعدة طرق:

١- **الأقراص:** تحتوى على هرمونات صناعية تشبة الاستيروجين والبروجيستيرون. يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث و لمدة ثلاثة أسابيع . تمنع هذه الحبوب عملية التبويض .

٢- **اللولب:** يستقر فى الرحم فيمنع أستقرار البويضة المخصبة فى بطانته .

٣- **الواقى الذكرى:** يمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل .

٤- **التعقيم الجراحى :** عن طريق ربط قناتى فالوب فى المرأة أو قطعهما فلا يحدث إخصاب للبويضات التى ينتجها المبيض .أوتعقيم الرجل بربط الوعاءين الناقلين أو قطعهما فلا تخرج خلالها الحيوانات المنوية.

تعدد المواليد :

عادة ما يولد جنين واحد فى كل مره ، وفى بعض الأحيان تتعدد المواليد حتى ستة فى نفس الوقت ، لكن أكثرها شيوعاً هى التوائم الثنائية، حيث نسبتها العالمية ١:٨٦ ولادة فردية ، وتندر التوائم المتعددة ، وهناك نوعان من التوائم ..



شكل (٣١) توأم متماثل

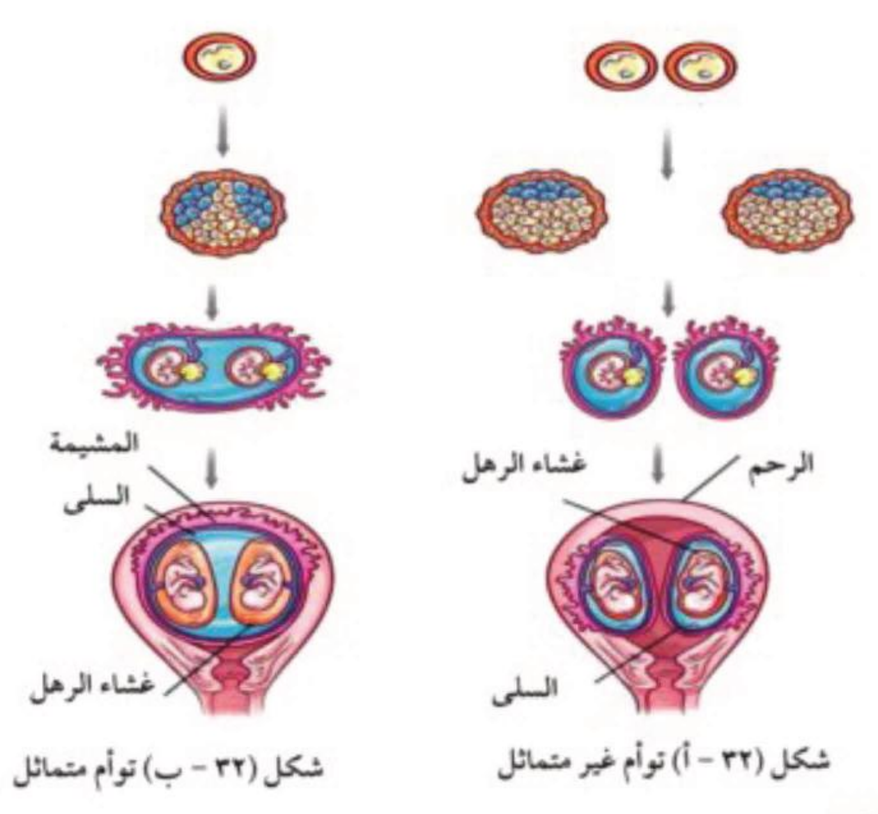
(أ) توائم متآخية- غير متماثلة (ثنائية اللاقحة) (Dizygotic Twins) :

تحدث نتيجة تحرر بويضتين (من مبيض واحد أو كليهما) وإخصاب كل منهما بحيوان منوى على حدة فيتكون جنينين مختلفين وراثياً ولكل منهما كيس جنينى و مشيمة مستقلة (شكل ٣٢ - أ) فهما لا يزيدان عن كونهما شقيقين لهما نفس العمر.

(ب) توائم متماثلة (أحادية اللاقحة) (Monozygotic Twins) :

تنتج من بويضة واحدة مخصبة بحيوان منوى واحد ، وأثناء تفلجها تنقسم إلى جزئين. كل جزء منها يكون جنيناً ،تجمعهما مشيمة واحدة (شكل ٣٢ - ب) ويكونا متطابقين تماماً فى جميع الصفات الوراثية. وقد يولد هذا التوأم ملتصقين فى مكان ما بالجسم فيعرف بالتوأم السيامي ويتم الفصل بينهما جراحياً فى بعض الحالات.

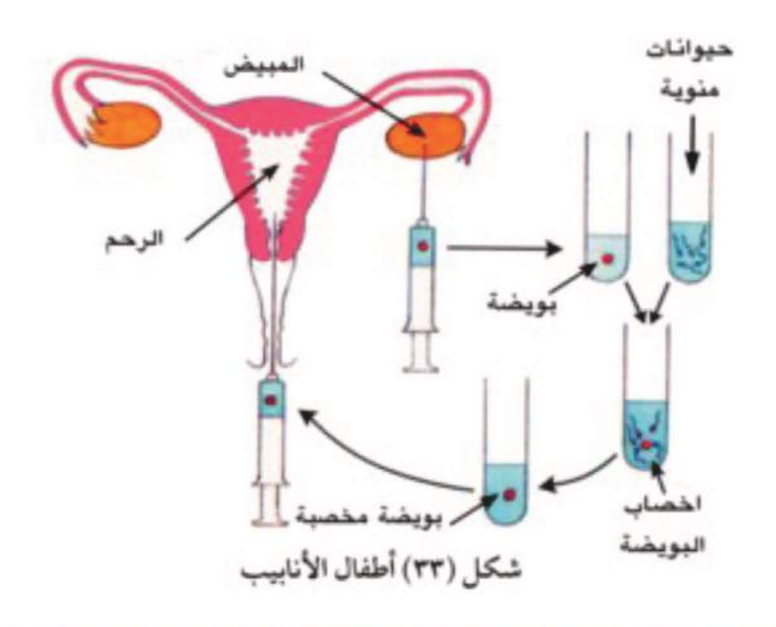
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



شكل (٣٢ - ب) توأم متماثل   شكل (٣٢ - أ) توأم غير متماثل

أطفال الأنابيب : (الإخصاب خارج الرحم)

يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوى من زوجها داخل أنبوبة اختبار، ورعايتها فى وسط مغذى حتى تصل إلى مرحلة البلاستوسيست ثم يعاد زرعها فى رحم الزوجة حتى يتم اكتمال تكوين الجنين (شكل٣٣).



شكل (٣٣) أطفال الأنابيب

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الإستنساخ Cloning

أجريت تجارب الاستنساخ الأولى على الضفادع والفئران حيث تم إزالة الأنوية من خلايا أجنة الضفدعة في مراحل مختلفة من النمو (خلايا جسدية) وزراعتها في بويضات غير مخصبة للضفادع سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع فنمت البويضات إلى أفراد ينتمون في صفاتهم للأنوية المزروعة وثبت من ذلك أن النواة التي جاءت من خلية جنينية في مراحلها المبكرة لا تختلف في قدرتها على توجيه نمو البويضة عن نواة اللاقحة نفسها. أما تجارب الاستنساخ الحديثة فلا يشترط فيها استخدام خلايا أجنة وإنما خلايا جسدية عادية كما في حالة استنساخ النعجة دوللي من خلايا من ثدى الأم والتى تم الاحتفاظ بأنسجتها فى النيتروجين السائل.

بنوك الأمشاج

توجد فى بعض دول أوروبا وأمريكا بنوك للأمشاج الحيوانية المنتخبة وخاصة الماشية والخيول، بهدف الحفاظ عليها والإكثار منها وقت الحاجة ،وتُحفظ هذه الأمشاج فى حالة تبريد شديد (-١٢٠°م) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة ، تُستخدم بعدها فى التلقيح الصناعي حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للأنقراض ، كما يرغب بعض الناس فى الأحتفاظ بأمشاجهم فى تلك البنوك ضماناً لاستمرار أجيالهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة ، ويتم حاليًا التحكم فى جنس المواليد فى حيوانات المزرعة حيث يمكن فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) من الأخرى ذات الصبغى (Y) بوسائل معملية كالطرد المركزى أو تعريضها لمجال كهربى محدود ، وذلك بهدف تطبيق تلك التقنيات على الماشية لإنتاج ذكور فقط من أجل إنتاج اللحوم أو إناث فقط لإنتاج الألبان و التكاثر حسب الحاجة.

ولقد نجحت هذه التقنية في الإنسان حيث يمكن أثناء إجراء تقنية أطفال الأنابيب التحكم في جنس المولود.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الأنشطة العملية

١- الفحص المجهرى لتبرعم فطر الخميرة .

٢- الفحص المجهرى لفطر عفن الخبز .

٣- فحص فطر عيش الغراب .

٤- فحص الإقتران فى طحلب الاسبيروجيرا مجهرياً.

٥- فحص النبات الجرثومى والنبات المشيجى فى الفوجير.

٦- فحص تركيب زهره نموذجية .

٧- الفحص المجهرى لقطاع فى المتوك و فحص حبوب اللقاح.

٨- الفحص المجهرى لقطاع فى مبيض زهره والتعرف على مكوناته .

٩- فحص بعض الثمار مثل الطماطم والباذنجان و التفاح و الكوسة .

١٢- فحص قطاع فى مبيض فأر أو أرنب .

١٣- فحص قطاع فى خصيه فأر أو أرنب.

١٤- مشاهدة أفلام تتناول مراحل تكوين الجنين داخل الرحم .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أسئلة

س١ اختر الاجابة الأكثر دقة فى الأسئلة التالية:

١- متوسط المدى الذى تظل فيه البويضة حية داخل قناة فالوب

أ-ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٣ ايام

٢- متوسط المدى الذى يظل فيها الحيوان المنوى حى داخل الجهاز التناسلى للأنثى .

أ- ساعة ب- يوم ج- ١-٢ يوم د- ٢-٣ يوم

٣- تحدث عملية إخصاب البويضة فى ..

أ- الرحم ج- بداية قناة فالوب

ب- النصف الأخير من قناة فالوب د- المبيض

٤- عند المرأة البالغة حيث دورة الطمث ، تستغرق ٢٨ يوم ، يحدث التبويض

أ - فى اليوم التاسع من بدأ الطمث ب - فى اليوم الرابع عشر من بدأ الطمث

ج- فى اليوم التاسع من إنتهاء الطمث د- فى اليوم الثانى عشر من بدأ الطمث

٥- إنغماس البويضة المخصبة فى بطانة الرحم يكون بعد

أ - يوم واحد بعد الاخصاب ج- ٧ أيام بعد الاخصاب

ب- ٤ أيام بعد الاخصاب د- ٥ ساعات بعد الاخصاب

٦- يفرز هرمون FSH وهرمون LH من ،

أ- حويصلة جراف ب- الجسم الأصفر ج - بطانة الرحم د- الغدة النخامية

٧- من وظائف هرمون LH

أ-التبويض ج- ضمور الجسم الأصفر

ب- نمو حويصلة جراف د- نمو الغدد الثديية

س٢ (١) من بين المواد التالية: أى منها ينتقل من دم الأم إلى دم الجنين عبر المشيمة؟

أ- جلوكوز ب-الكحولات جـ- الفيروسات د-خلايا الدم الحمراء

هـ- الأحماض الأمينية و- الأكسجين

(٢) الحيوانات المنوية لاتستطيع أن تعيش إلا فى وسط غذائى لأنه لا يمكنها تخزين غذاء بداخلها.

أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما .

ب - العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهما .

ج- العبارتين خاطئتين .

د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة .

هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة .

(٣) يبدأ إفراز هرمون البروجسترون بعد ثلاثة شهور من حدوث الحمل، لأن المبيض هو الذى يفرز هذا الهرمون بمفرده .

أ - العبارتين صحيحتين وتوجد علاقة بينهما.

ب-العبارتين صحيحتين ولا توجد علاقة بينهم .

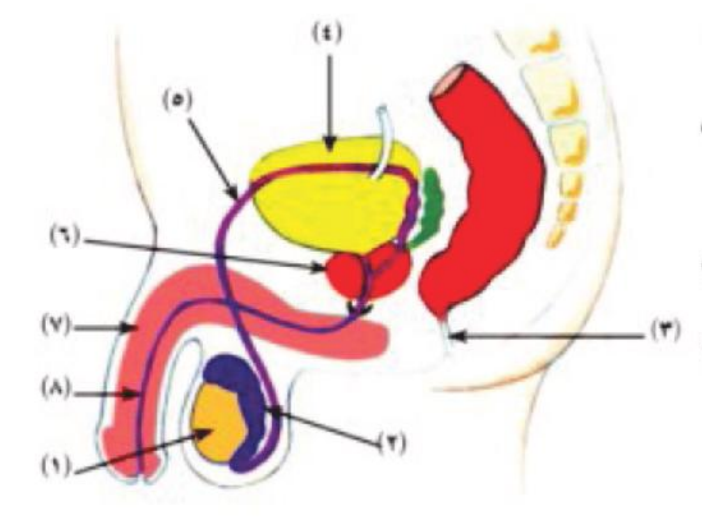
ج- العبارتين خاطئتين .

د- العبارة الأولى صحيحة و الثانية خاطئة.

هـ - العبارة الأولى خاطئة و الثانية صحيحة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK





س٣ من خلال الرسم المقابل وضح :

أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام

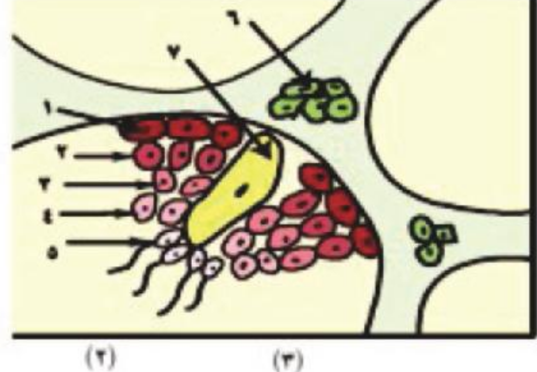
ب - ما الجزء الذى لا يدخل ضمن تركيب الجهاز التناسلى ؟

ج- ما أهمية الجزء رقم (٣) ، (٦)

د- ماذا يحدث إذا كان العضو رقم(١) موجود داخل الجسم ؟ولماذا؟

هـ-ماذا يحدث فى حالة إستئصال العضو (١)؟

س٤ من خلال الرسم المقابل وضح:



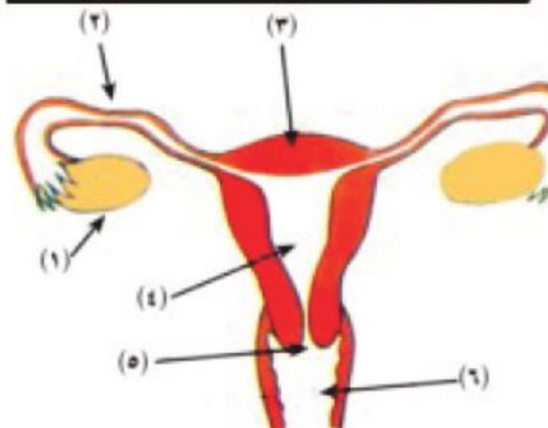
أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب-مراحل تكوين الحيوانات المنوية

ج- اهمية الخلايا رقم (٦)ورقم (٧)

د- وضح بالرسم تركيب الحيوان المنوى مع كتابة البيانات

س٥ من خلال الرسم المقابل وضح :



أ- البيانات التى تشير إليها الأرقام

ب-ما أهمية العضو رقم (١)، (٤)

ج- أين تحدث عملية الأخصاب ؟

د- ما التغيرات التى تحدث للجزء رقم (٣) أثناء دورة الحيض ؟

هـ- ماذا يحدث عند إستئصال المبيضين من امرأة أثناء فترة الحمل ؟ولماذا؟

س٦ علل لما يأتى :

١- يلجأ الاسبيروجيرا احياناً للاقتران الجانبى .

٢- يختلف التجدد فى الهيدرا عن التجدد فى القشريات .

٣- يلى الأقتران فى الاسبيروجيرا إنقسام ميوزى.

٤- يضاف خلاصة حبوب اللقاح على مبايض الأزهار .

٥- نواة الاندوسبرم ثلاثية المجموعة الصبغية .

٦- تعامل الحيوانات المنوية للماشية بالطرد المركزى .

٧- أهمية وجود القطعة الوسطى للحيوان المنوى أثناء إخصاب البويضة .

٨- يضمر الجسم الأصفر فى الشهر الرابع من الحمل ومع ذلك لا يحدث الأجهاض.

٩ - يشترط لحدوث الأخصاب أن تكون الحيوانات المنوية باعداد هائلة .

١٠- يتضخم جدار الرحم ويصبح غدياً بمجرد إخصاب البويضة .

١١- وجود الخصيتان خارج الجسم فى معظم الثدييات.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

س٧ ماذا يحدث فى الحالات الآتية........؟

١ -ضمور الجسم الأصفر فى الشهر الثانى من الحمل .

٢- وجود الخصيتين داخل الجسم فى الإنسان .

٣- إخصاب بويضتين بحيوانين منويين فى وقت واحد .

س٨ قارن بين :

أ- الأنقسام الميتوزى والأنقسام الميوزى

ب- النبات المشيجى و النبات الجرثومى فى نبات كزبرة البئر

جـ- التوالد البكرى والأثمار العذرى

د- زراعة الأنسجة وزراعة الأجنة

هـ- هرمون LH وهرمون FSH

و- التوائم المتماثلة و التوائم الشقيقة

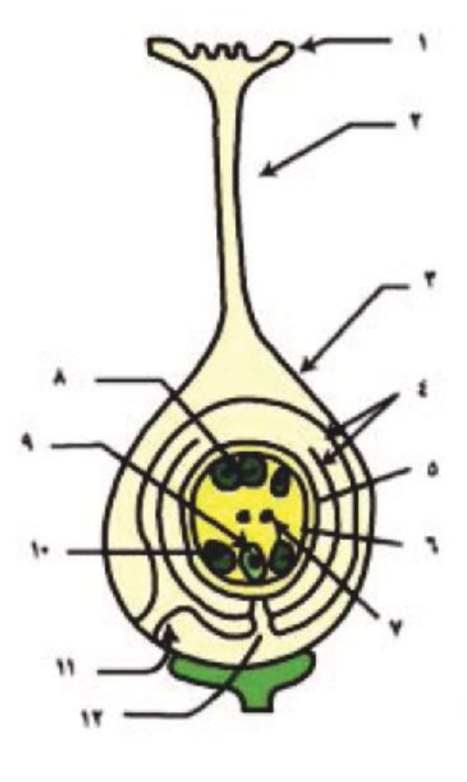
س٩ تتكاثر بعض الكائنات الحية تكاثراً جنسياً يعقبة تكاثرا لا جنسياً فى دورة حياتها:

أ -ما هو المصطلح العلمى لهذه العبارة وما مدى الأستفاده منها .

ب - ما سبب أنتشارها بين الطفيليات .

س١٠ يحاط الجنين داخل الرحم بنوعين من الأغشية ما هما ؟وما أهمية كلاً منهما :

س١١ من خلال الرسم المقابل وضح :



أ - البيانات التى تشير إليها الأرقام .

ب - كيف تتكون البذرة ؟ وكيف يتحدد نوعها ذات فلقة أو ذات فلقتين ؟

جـ- ماذا يحدث إذا لم تلقح الزهره ؟

د- ماذا يحدث إذا لقحت الزهرة ولم تخصب ؟

هـ- كيف تحصل على ثمار بلا بذور صناعياً ؟

س١٢ أكتب أسم الهرمون الذى يؤدى إلى:

١- نمو حويصلة جراف فى المبيض

٢- أنفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة

٣- ظهور الصفات الثانوية الذكرية

٤-توقف التبويض ونمو بطانة الرحم

س١٣ ما المقصود بكلاً من :

دورة التزاوج- التوالد البكرى - الأثمار العذرى - الأخصاب المزدوج - الجسم الأصفر - الأندماج الثلاثى- الثمرة الكاذبة -الرهل .

س١٤ وضح بالرسم مراحل نضج البويضة فى نبات زهرى لكى تصبح جاهزه للإخصاب.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



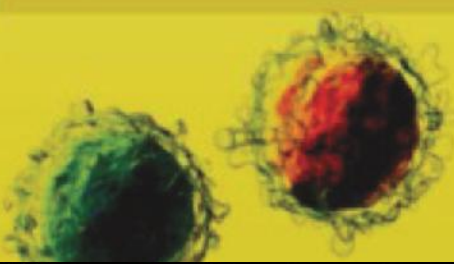
التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

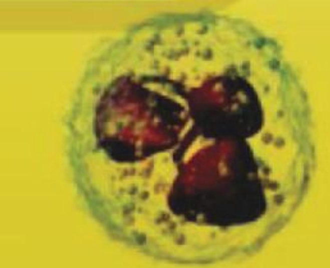
الفصل الرابع

المناعة فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :

- يتعرف مفهوم المناعة وأهميتها للكائنات الحية
- يقارن بين المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة
- يستنتج مسببات المرض عند النباتات
- يشرح كيف يعمل جهاز المناعة فى النبات
- يتعرف المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية فى النبات
- يحدد مكونات الجهاز المناعى فى الإنسان
- يتعرف الأعضاء الليمفاوية فى الإنسان
- يحدد انواع الخلايا الليمفاوية
- يتعرف الأجسام المضادة وطرق عملها
- يفسر ألية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان
- يحدد بعض وسائل المناعة الطبيعية
- يقدر جهود العلماء فى التقدم المذهل فى علم المناعة
- يقدر عظمة الخالق فى دور بعض أعضاء الجسم فى حمايته من الميكروبات





D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

المناعة فى الكائنات الحية

المقدمة:

تتعرض حياة أى كائن حى لتهديد مستمر من مسببات الامراض كبعض الحشرات والاوليات الحيوانية والفطريات والبكتريا والفيروسات وفى المقابل فإن كل نوع من انواع الكائنات الحية يطور من آليات الدفاع عن نفسه من اجل البقاء.

مما سبق يمكن تعريف المناعة Immunity بأنها مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعى على مقاومة مسببات المرض سواء كان ذلك من خلال منع دخول مسببات المرض إلى جسم الكائن الحى أو عن طريق مهاجمة مسببات المرض و الأجسام الغريبة والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحى.

يعمل الجهاز المناعى وفق نظامين هما المناعة الفطرية أو الموروثة innate immunity والمناعة المكتسبة أو التكيفية .Acquired immunity or adaptive immunity وهذان النظامان المناعيان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما إذ أن المناعة الفطرية اساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

المناعة فى النبات

تحمى النباتات نفسها من الكائنات المسببة للمرض من خلال طريقين :الاول انجاز بعض الآليات من خلال تراكيب تمتلكها فيما يعرف بالمناعة التركيبية Structural immunity والثانى عن طريق استجابات لافراز مواد كيميائية فيما يعرف بالمناعة البيوكيميائية Biochemical immunity

أولاً : المناعة التركيبية Structural immunity :

تمثل خط الدفاع الأول لمنع المسببات المرضيه من الدخول الى النبات وانتشاره بداخله.وهى عبارة عن حواجز طبيعية وهى تشمل نوعين هما :

- وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلاً فى النبات .
- وسائل مناعية تركيبية تتكون كاستجابة للاصابة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



(أ) المناعية التركيبية الموجودة سلفاً فى النبات :

وتتمثل فى الآتى:

١ - الأدمة الخارجية لسطح النبات:

تتغطى أدمة السيقان الخضراء والأوراق بطبقة شمعية من مادة الكيوتين فلا يستقر عليها الماء، وبالتالي لا تتوافر البيئة الصالحة لنمو وتكاثر الفطريات والبكتريا. وقد يكسو الأدمة شعيرات أو أشواك مما يحول دون أكلها من حيوانات الرعى.

٢ - الجدار الخلوى:

يمثل الجدار الخلوي دعامة وحماية إضافية لجميع الخلايا النباتية وهو يتركب أساسًا من السليلوز وبعد تغلظه بمزيد من السليلوز أو بمواد أخرى كاللجنين أوالسوبرين أوالكيوتين يصبح **من الصعب على الكائنات المرضة إختراقه.**

(ب) المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة:

وتتمثل فى الآتى:

١. تكوين الفللين Phellem(cork) formation: تتغطى السيقان وجذوع الأشجار الخشبية بطبقة خارجية من نسيج الفللين الذي يتكون من عدة طبقات من خلايا ميتة تتغلظ جدرانها بمادة السوبرين وهو يعمل كحاجز خارجي لحماية النبات من الصدمات وفقدان الماء كما يجعل النبات أكثر مقاومة للعدوى الفطرية و البكتيرية. ويعاد تكوين الفللين كغيره من الأنسجة إذا حدث في الطبقة الخارجية للساق قطع أو تمزق لمنع دخول الميكروبات من خلال المنطقة المصابة. أى أن **الفللين موجود سلفًا فى النبات ويعاد تكوينه عند قطعه أو تمزقه.**

٢. تكوين التيلوزات Formation of Tyloses: عباره عن نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر. وهى تتكون نتيجة تعرض نسيج الخشب للقطع او للغزو من الكائنات الممرضة حتى تعيق تحرك هذه الكائنات الى الأجزاء الأخرى فى النبات.

٣. ترسيب الصموغ Deposition of Gums: عندما تتعرض السيقان الخشبية لبعض أنواع النباتات للقطع أو التلف أو الإصابة الميكروبية في طبقة الفللين الخارجية فإنها تقوم بترسيب الصموغ في مكان الإصابة لالتقاط الميكروبات ومنع دخولها في النبات. ومن أمثلة هذه النباتات بعض أنواع **النباتات البقولية كأشجار السنط.** Acacian nilotica

٤. تراكيب مناعية خلوية Cellular immune structures: تحدث بعض التغيرات الشكلية نتيجة للغزو ، ومن أمثلتها :

- إنتفاخ الجدر الخلوية لخلايا كل من البشرة وتحت البشرة أثناء الأختراق المباشر للكائن الممرض مما يؤدى الى تثبيط إختراقه لتلك الخلايا .
- احاطة خيوط الغزل الفطرى المهاجمة للنبات بغلاف عازل يمنع انتقاله من خلية الى اخرى .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٥. **التخلص من النسيج المصاب وتعرف ايضاً بالحساسيه المفرطة :** حيث يقتل النبات بعض أنسجته ليمنع انتشار الكائن الممرض منها الى أنسجته السليمة وبالتالى يتخلص النبات من الكائن الممرض بموت النسيج المصاب.

ثانياً : المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity:

وتتضمن الآليات المناعية التالية :

١- المستقبلات Receptors التى تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات

هذه المركبات توجد فى النباتات السليمة والمصابة على حد سواء إلا أن تركيزها يزيد فى النباتات عقب الأصابة .ووظيفة تلك المركبات هى تحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فى النبات.

٢- مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial chemicals

تقوم بعض النباتات بإفرازمركبات كيميائية تقاوم بها الكائنات الممرضة، وهذه المركبات إما أن تكون موجودة أصلاً فى النبات قبل حدوث الإصابة أو تؤدى الاصابة الى تكوينها. ومن هذه المركبات :

- **الفينولات والجليكوزيدات** وهى مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة مثل البكتيريا أو تثبط نموها .

- **انتاج أحماض أمينية غير البروتينية** (Non-protein amino acids) وهذه الأحماض لاتدخل فى بناء البروتينات فى النبات ولكنها مركبات كيميائة سامة للكائنات الممرضة، ومن أمثلتها الكانافانين Canavanine والسيفالوسبورين Cephalosporin.

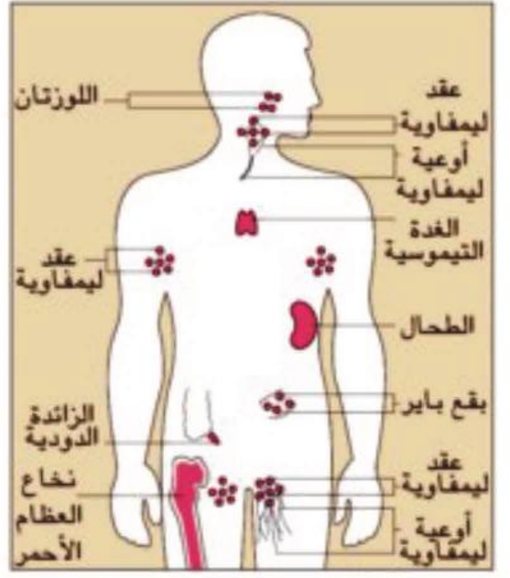
٣-بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة Antimicrobial proteins

تقوم بعض النباتات بإنتاج بروتينات لم تكن موجودة أصلا بالنبات ولكن يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة وهذه تتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها الى مركبات غير سامة للنبات واحياناً تنتج النباتات بعض الانزيمات تعرف بإنزيمات نزع السمية (Detoxifying enzymes). حيث تقوم هذه الانزيمات بالتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتبطل سميتها.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

المناعة فى الانسان

الجهاز المناعى فى الانسان Human immune system



شكل (١) الجهاز الليمفاوى للإنسان

يتكون الجهاز المناعي في الإنسان من أعضاء وأنسجة وخلايا ومواد كيميائية تعمل معًا للدفاع عن الجسم ضد **مسببات الأمراض.**

ويعد الجهاز الليمفاوي هو المكون الرئيسي للجهاز المناعي وهو يتكون من سائل **الليمف**، أوعية ليمفاوية وأعضاء ليمفاوية. أما باقي مكونات الجهاز المناعي فتشمل خلايا الدم البيضاء ومواد كيميائية مساعدة لتلك **الخلايا وأجسام مضادة تفرزها بعض أنواع هذه الخلايا.**

الاعضاء الليمفاوية Lymphoid organs

وهى المكون الرئيسي للجهاز الليمفاوي، وهى تنقسم إلى أعضاء ليمفاوية أولية يتم فيها انتاج ونضج وتمايز الخلايا الليمفاوية (نوع من خلايا الدم البيضاء) وهما نخاع العظام والغدد التيموسية، وأعضاء ليمفاوية ثانوية تشمل الطحال واللوزتين وبقع باير والزائدة الدودية **والعقد الليمفاوية.**



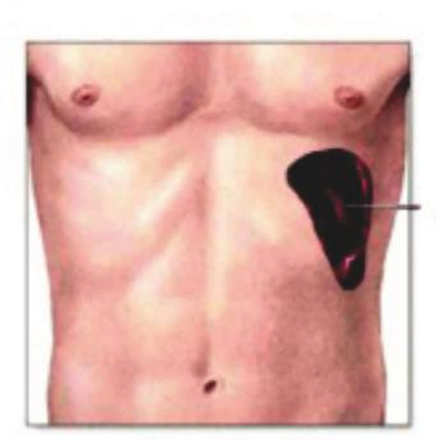
أ- نخاع العظام Bone marrow : هو نسيج يوجد داخل العظام المسطحة مثل الترقوة والقص والجمجمة والعمود الفقرى والضلوع والكتف والحوض، ورؤوس العظام الطويلة كعظام الفخذ والساق والعضد ، وهو المسؤول عن إنتاج جميع أنواع خلايا الدم البيضاء وانضاجها عدا انضاج وتمايز الخلايا الليمفاوية التائية.

ب- الغدة التيموسية Thymus gland : تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص، وتفرز هرمون التيموسين Thymosin الذى يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية الى الخلايا التائية T وتمايزها الى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية.

شكل (٢) الغدة التيموسية

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

جـ- الطحال spleen: عبارة عن عضو ليمفاوى صغير لا يزيد حجمه عن " كف اليد"، ولونه احمر قاتم يقع فى الجانب العلوى الأيسر من تجويف البطن (شكل ٣). ويلعب دورا مهما فى مناعة الجسم حيث يحتوى على الكثير من خلايا الدم البيضاء التى تسمى الخلايا البلعمية الكبيرة وتقوم بالتقاط كل ما هو غريب عن الجسم سواء كانت ميكروبات أو أجسام غريبة أو خلايا جسدية هرمة (مسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة ويفتتها الى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم، كما أنه يحتوى على خلايا دم بيضاء أخرى تسمى الخلايا الليمفاوية.



شكل (٣) الطحال

د- اللوزتان Tonsils: هما غدتان ليمفاويتان تقعان على جانبى الجزء الخلفى من الفم. تلتقط اللوزتان أى ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء وتمنع دخوله إلى الجسم، وذلك بواسطة ما تحتويه من خلايا الدم البيضاء (شكل ٤)

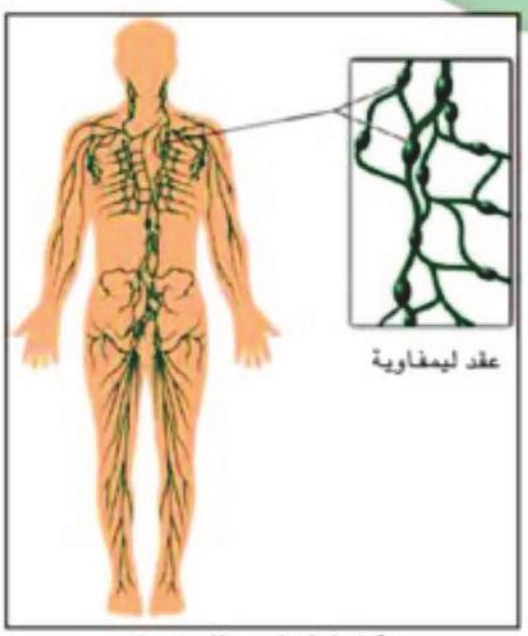
هـ- بقع باير Peyer's patches: عبارة عن عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية التى تتجمع على شكل لطع أو بقع تنتشر فى الغشاء المخاطى المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة، وهى تلعب دورا فى الاستجابة المناعية ضد الكائنات الممرضة التى تدخل الأمعاء. وتلعب الزائدة الدودية دورًا مناعيًا مشابهًا لبقع باير.

شكل (٤) اللوزتان

و- العقد الليمفاوية Lymphatic nodes: تقوم بتنقية الليمف من أى مواد ضارة أو ميكروبات. وتختزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التى تساعد فى محاربة مسببات الأمراض . وتتواجد العقد الليمفاوية على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة فى جميع أجزاء الجسم (تحت الإبطين، على جانبى العنق، وفى أعلى الفخذ، وبالقرب من أعضاء الجسم الداخلية...)، ويتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة، وتنقسم العقدة من الداخل إلى جيوب تمتلىء بالخلايا الليمفاوية البائية B ، والخلايا الليمفاوية التائية T ، والخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التى تخلص الليمف مما به من جراثيم وحطام الخلايا. يتصل بكل عقدة ليمفاوية عدة أوعية ليمفاوية تنقل الليمف اليها من الأنسجة لترشحه وتخلصه من مسببات الأمراض.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK





شكل (٥) العقد الليمفاوية

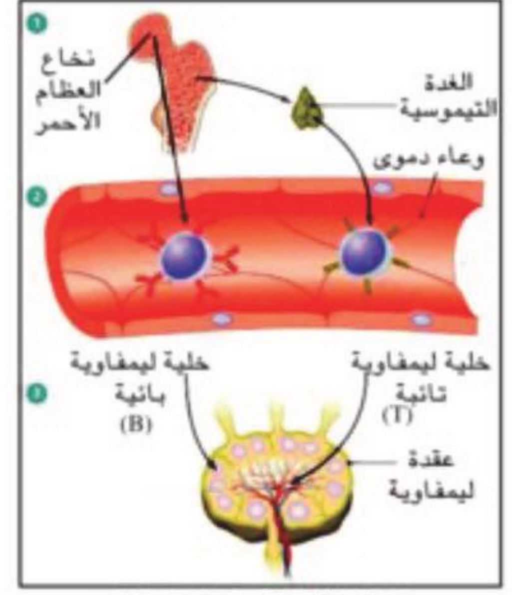
شكل (٦) تشريح العقدة الليمفاوية

خلايا الدم البيضاء Leukocytes

وهى تنقسم إلى خلايا محببة Granulocytes وخلايا غير محببة Agranulocytes . يحتوى سيتوبلازم الخلايا المحببة على حبيبات تتلون عند معالجتها بأصباغ معينة بينما لا يحتوي سيتوبلازم الخلايا الغير محببة على هذه الحبيبات.

وتضم الخلايا المحببة عدة أنواع هى الخلايا الحامضية Eosinophils والخلايا القاعدية Basophils والخلايا المتعادلة Neutrophils والخلايا الصارية Mast cells، أما الخلايا الغير محببة فتضم الخلايا الليمفاوية Lympho-cytes والخلايا وحيدة النواه Monocytes.

وهناك ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية وهى:



شكل (٧) مواضع تكوين ونضج وتخزين الخلايا الليمفاوية

أ - **الخلايا البائية B– cells:** تشكل حوالى ١٠٪ إلى ١٥٪ من الخلايا الليمفاوية ويتم تصنيعها ونضجها فى نخاع العظام . ووظيفتها هى التعرف على أى ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم (مثل البكتريا أو الفيروس)، فتقوم بالارتباط بهذا الجسم الغريب وتنتج أجسام مضادة له Antibodies لتقوم بتدميره.

ب- **الخلايا التائية T–cells:** تشكل حوالى ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية، ويتم انتاجها في نخاع العظام ولكنها تنضج وتتمايز في الغدة التيموسية إلى ثلاثة أنواع هى :

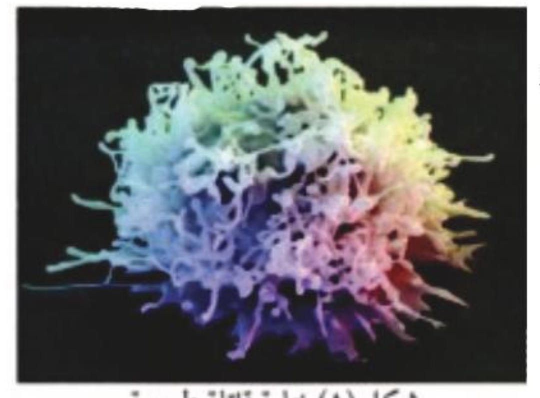
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢- الخلايا التائية المساعدة (T_H) (Helper T-cells): تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية وتحفزها للقيام باستجاباتها، وكذلك تحفز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.

٢- الخلايا التائية السامة (أو القاتلة) (T_C) (Cytotoxic T-cells) : تهاجم الخلايا الغريبة حيث تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.

٣- الخلايا التائية المثبطة أو الكابحة (T_S) (Suppressor T-cells): تنظم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب، وتثبط أو تكبح عمل الخلايا التائية T والبائية B بعد القضاء على الكائن الممرض.

جـ- الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) (Natural killer cells): تشكل ٥-١٠٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم، ويتم انتاجها ونضجها فى نخاع العظام (شكل ٨).


شكل (٨) خلية قاتلة طبيعية

وهذه الخلايا لها القدرة على مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة حيث تفرز هذه الخلايا البروتين صانع الثقوب أو البيرفورين الذى يصنع ثقوبًا في الخلايا المصابة ويدمرها.

أما النوع الثاني من الخلايا غير المحببة وهو الخلايا وحيدة النواة Monocytes فهى تتحول إلى خلايا بلعمية كبيرة عند الحاجة التي بدورها تبتلع الكائنات المرضة وتقوم بعرض انتيجيناتها على سطحها.

خلايا الدم البيضاء الأخرى (المحببة):

هى الخلايا القاعدية Basophils والخلايا الحامضية Eosinophils والخلايا المتعادلة Neutrophils، (شكل ٩) ويتم التمييز بينها من حجمها وشكل النواة ولون الحَبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر، وهذه الحبيبات تقوم بدور رئيس فى تفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم، وبإمكانها بلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات الممرضة ولذلك فهى تكافح العدوى خصوصا العدوى البكتيرية و الالتهابات، و تبقى بالدورة الدموية لفترة قصيرة نسبيا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام.



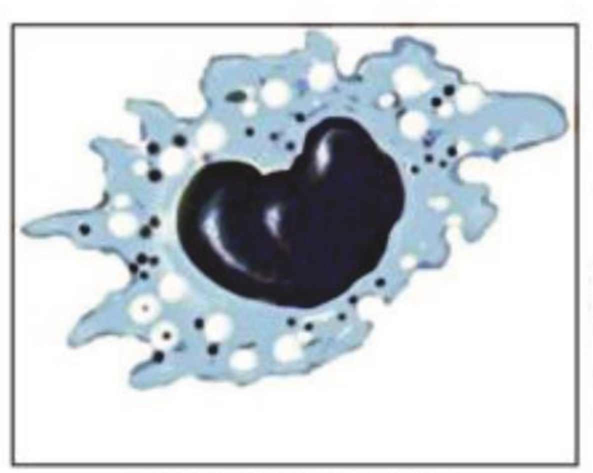
شكل (٩) أنواع خلايا الدم البيضاء

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages:

وهى تقوم بابتلاع الكائنات الممرضة ثم تقوم بتقديم انتيجينات هذه الكائنات الممرضة إلى الخلايا التائية المساعدة لكى يتعرف أحد أنواع تلك الخلايا المتخصصة على الكائن الممرض والارتباط بأنتيجين ذلك الكائن مما يؤدى إلى تنشيط ذلك النوع من الخلايا التائية المساعدة فيقوم بتنشيط الخلايا البائية لإفراز أجسام مضادة.

والخلايا التائية القاتلة السامة لقتل الخلايا المصابة.



شكل (١٠) خلية بلعمية كبيرة

والانتيجينات هى مركبات (بروتينات أو جليكوبروتينات) موجودة في سطح أو غشاء الكائن الممرض تميزه عن أى كائن آخر لأنها تختلف من كائن إلى أخر.

المواد الكيميائية المساعدة:

تتعاون وتساعد الأليات المتخصصة للجهاز المناعى، وهى كثيرة، نذكر منها ما يلي:

أ- الكيموكينات Chemokines: هى عوامل جذب الخلايا البلعمية نحو موقع تواجد الميكروبات لتحد من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.

ب- الإنترلوكينات Interleukins: تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعى المختلفة فمثلاً تفرز الخلايا التائية المساعدة المنشطة الانترلوكينات لكى تنشط الخلايا البائية

جـ- سلسلة المتممات أو المكملات Complements: هى مجموعة متنوعة من البروتينات والأنزيمات تقوم بتدمير الميكروبات الموجودة بالدم بعد ارتباط الأجسام المضادة بها عن طريق تحليل الأنتيجينات الموجودة على سطحها وإذابة محتوياتها لجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء كى تلتهمها وتقضى عليها.

د- الإنترفيرونات Interferon: عبارة عن عدة أنواع من البروتينات تنتجها خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات. وهى غير متخصصة بفيروس معين، ترتبط الإنترفيرونات بالخلايا الحية المجاورة للخلايا

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

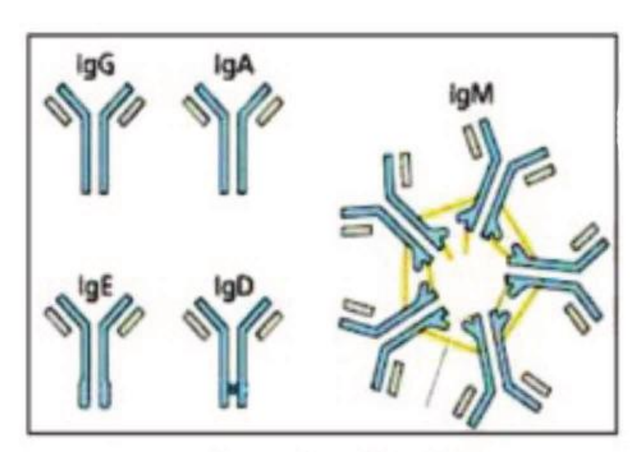
المصابة والتى لم تصب بالفيروس بعد وتحثها على انتاج نوع من الإنزيمات تثبط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووى بالفيروس، وبهذا يمنع الفيروس من التكاثر والانتشار فى الجسم.

سادسا الأجسام المضادة Antibodies

يوجد على سطح الكائنات الممرضة مركبات تسمى الانتيجينات Antigens ، حيث تقوم الخلايا المناعية البائية B بالتعرف على هذه (الأنتجينات) عن طريق ارتباط المركبات الموجودة على سطحها والتى يطلق عليها «المستقبلات» بتلك الانتيجينات، ثم تقوم بانتاج مواد بروتينية يطلق عليها الأجسام المضادة Antibodies (أو الجلوبيولينات المناعية Immunoglobulins واختصارها Ig) وهى مصممة لتضاد هذه الأجسام الغريبة عن الجسم حيث تقوم هذه الاجسام المضادة بالارتباط بالكائنات الممرضة لتجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء الاخرى كى تلتهمها وتقضى عليها. ويوجد منها خمسة أنواع هي:

IgA و IgE و IgD و IgM و IgG

والخلايا الليمفاوية البائية Bعندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين نوع واحد من الخلايا البائية البلازمية التى تقوم بانتاج نوع واحد من الأجسام المضادة، تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات، وبذلك تهاجم الخلايا البائية الكائنات الممرضة عن طريق إنتاج الأجسام المضادة التى تدور مع مجرى الدم والليمف.

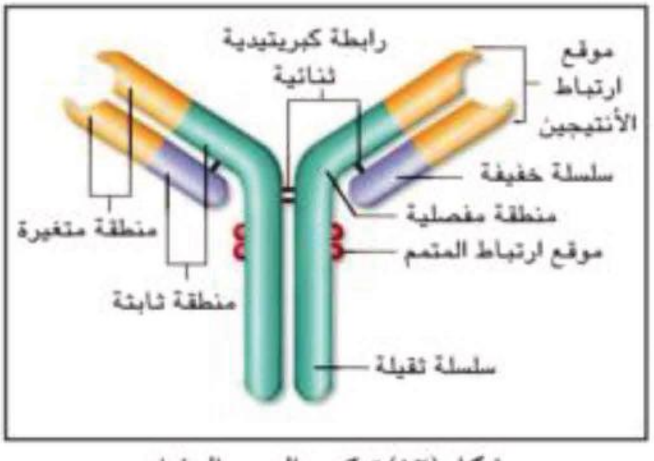


شكل (١١) أنواع الأجسام المضادة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

شكل وتركيب الأجسام المضادة

الأجسام المضادة عبارة عن جلوبيولينات مناعية، تظهر على شكل حرف Y ، وتوجد بالدم والليمف فى الحيوانات الفقارية والإنسان، ويتم إنتاجها بواسطة الخلايا البائية البلازمية.



شكل (١٢) تركيب الجسم المضاد

يتكون الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية، اثنان منهما طويلة وتسمى بالسلاسل الثقيلة، والاثنان الأخريتان قصيرتان وتسمى بالسلاسل الخفيفة، وترتبط السلاسل ببعضها عبر رابطة كبريتيدية ثنائية . ولكل جسم مضاد موقعين متماثلين لارتباط الأنتيجين، (شكل ١٢) ويختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر. وتساعد هذه المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له، بطريقة تشبه القفل والمفتاح. ويؤدى هذا الارتباط الى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد ويعرف موقع ارتباط الأنتيجين على الجسم المضاد بالجزء المتغير لأن شكله يتغير من جسم مضاد لآخر، أما الجزء المتبقى من الجسم المضاد فيعرف بالجزء الثابت حيث أنه ثابت الشكل والتركيب فى جميع أنواع الأجسام المضادة.

ويتحدد تخصص كل جسم مضاد من خلال تشكيل الأحماض الأمينية المكونة للسلسلة الببتيدية (تتابع الأحماض الأمينية، وأنواعها، وشكلها الفراغى) وذلك في موقع الارتباط بالانتيجين أى في الجزء المتغير من تركيب الجسم المضاد.

طرق عمل الأجسام المضادة :

الأجسام المضادة ثنائية الارتباط، أماالأنتيجينات فلها مواقع ارتباط متعددة، مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة والأنتيجينات أمرا مؤكدا، وتقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتيجينات بإحدى الطرق التالية :

١- التعادل : Neutralization :

إن أهم وظيفة تقوم بها الأجسام المضادة فى مقاومة الفيروسات هى تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها . ويتم ذلك بأن تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالأغلفة الخارجية للفيروسات وبذا تمنعها من الالتصاق

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

بأغشية الخلايا والانتشار أو النفاذ إلى داخلها .وإن حدث و ارتبط الفيروس بغشاء الخلية ، فإن الأجسام المضادة تمنع الحمض النووى الفيروسى من الخروج بإبقائها الغلاف مغلقًا.

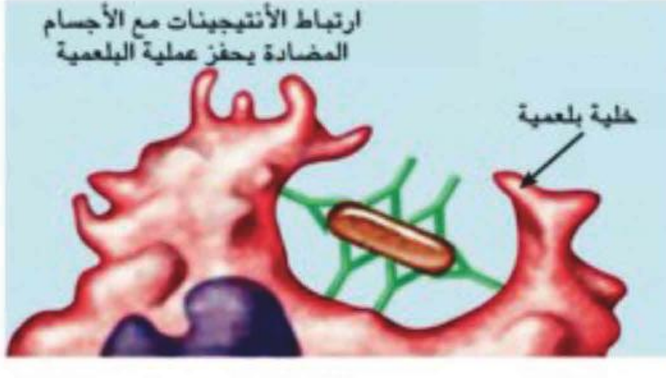
٢- التلازن (أو الالصاق) Agglutination :

بعض الأجسام المضادة مثل الجسم المضاد IgM تحتوى العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجيات، وبالتالى يرتبط الجسم المضاد الواحد منها بأكثر من ميكروب مما يؤدى الى تجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفا وعرضة لالتهامها بالخلايا البلعمية (شكل ١٣).

شكل (١٣) التلازن (الالصاق)

٣- الترسيب Precipitation :

ويحدث عادة فى الأنتيجينات الذائبة ، حيث يؤدى ارتباط الأجسام مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات من الأنتيجين والجسم المضاد غير ذائبة وتكون هذه المركبات راسبا، وبذا يسهل على الخلايا البلعمية Phagocytes التهام هذا الراسب (شكل ١٤).



شكل (١٤) ابتلاع الميكروب بعد ارتباطه بالأجسام المضادة

٤- التحلل Lysis :

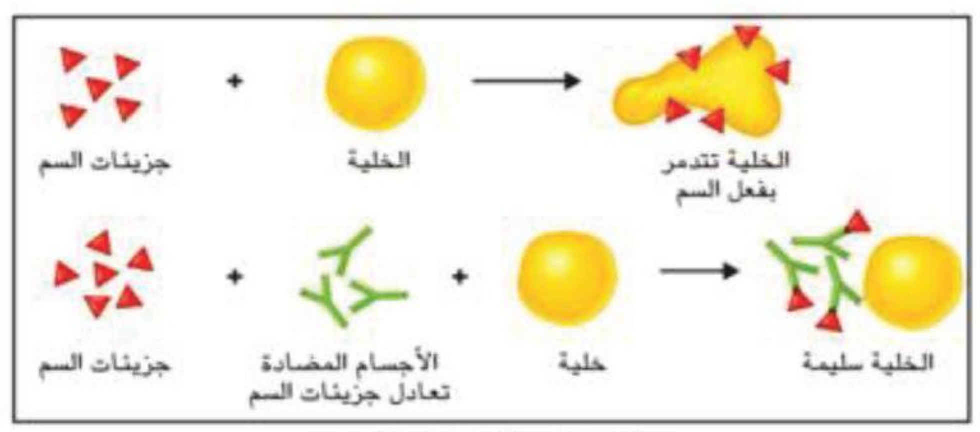
ينشط اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات بروتينات وإنزيمات خاصة هى المتممات Complements فتقوم بتحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.

٥- إبطال مفعول السموم Antitoxin :

تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم وتكوين مركبات من الأجسام المضادة والسموم . هذه المركبات تنشط المتممات فتتفاعل معها تفاعلا متسلسلا ، يؤدى إلى إبطال مفعولها ، مما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية (شكل ١٥).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK





شكل (١٥) ابطال مفعول السموم

آلية عمل الجهاز المناعى فى الانسان

كيف يقى الجهاز المناعى الجسم من الكائنات الممرضة؟

يعمل الجهاز المناعى وفق نظامين مناعيين :

- المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

- المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية)

هذين النظامين المناعيين على الرغم من أنهما مختلفان إلا أنهما يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما. فكل واحد من هذين النظامين يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط النظام المناعى الآخر. وهذا يسمح للجسم التعامل بنجاح مع الكائنات الممرضة.

أولا: المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)

Natural (non–specific or innate) immunity

هى مجموعة الوسائل الدفاعية التى تحمى الجسم. وتتميز بإستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أى ميكروب أو أى جسم غريب يحاول دخول الجسم. وهذه الوسائل الدفاعية غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات .

وتمر عملية المناعة الطبيعية بخطين دفاعيين متتاليين هما :

١- خط الدفاع الأول: يتمثل فى مجموعة من الحواجز الطبيعية بالجسم مثل الجلد والمخاط والدموع والعرق وحمض الهيدروكلوريك بالمعدة. والوظيفة الأساسية لهذا الخط هى منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أ- **الجلد:** ويتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل عائقا منيعا يصعب اختراقه أو النفاذ منه،هذا بالإضافة الى أن العرق الذى تفرزه الغدد العرقية على سطح الجلد يعتبر مميتا لمعظم الميكروبات بسبب ملوحة العرق .

ب- **الصملاخ (شمع الأذن):** مادة تفرزها الأذن وتعمل على قتل الميكروبات وبذلك تحمى الأذن.

جـ- **الدموع:** تحمى العين من الميكروبات لأنها تحتوى على مواد محللة للميكروبات.

د- **المخاط بالممرات التنفسية:** هو سائل لزج يبطن جدر الممرات التنفسية وتلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء ثم تقوم الأهداب الموجودة فى بطانة هذه الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط ومايحمله من ميكروبات وأجسام غريبة الى خارج الجسم .

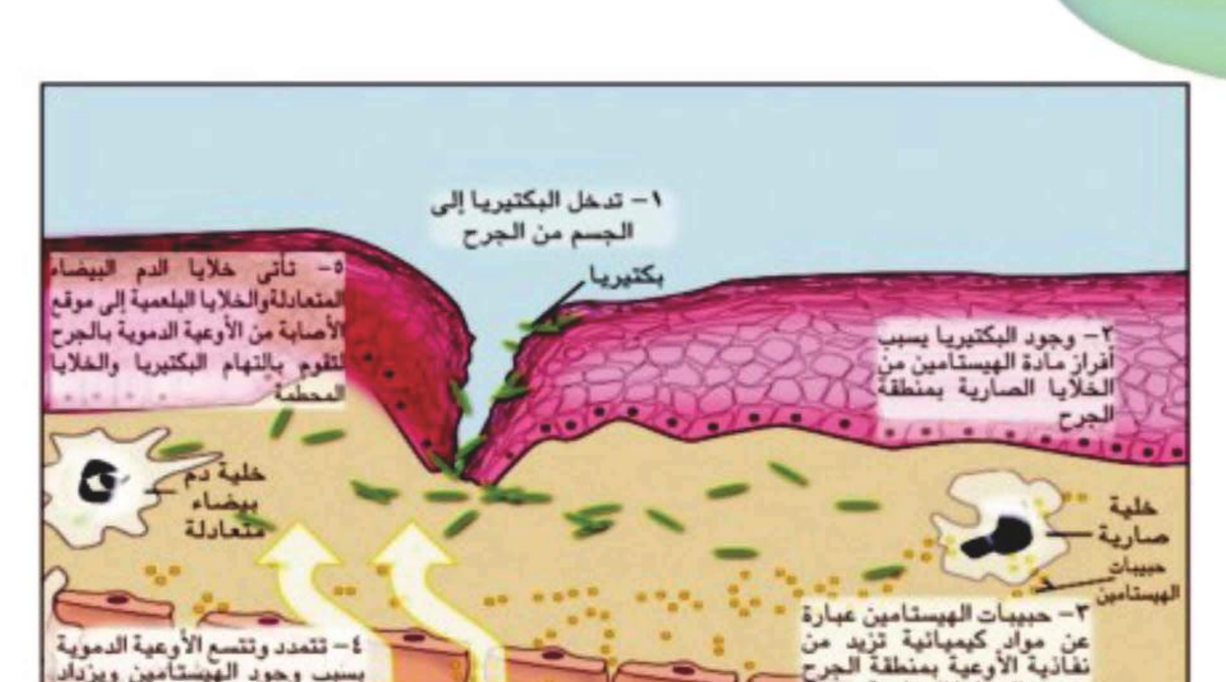
هـ- **اللعاب:** يحتوى بعض المواد القاتلة للميكروبات، بالإضافة الى بعض الأنزيمات المذيبة لها.

و- **إفرازات المعدة الحامضية:** حيث تقوم خلايا بطانة المعدة بانتاج وافراز حمض الهيدروكلوريك القوى الذى يسبب موت الميكروبات الداخلة مع الطعام.

٢- خط الدفاع الثانى: يعمل هذا النظام إذا ما نجحت الكائنات الممرضة فى تخطى وسائل دفاع الخط الأول وقامت بغزو أنسجة الجسم، من خلال جرح قطعي بالجلد على سبيل المثال. و يختلف هذا النظام عن سابقه بأنه نظام دفاعى داخلى وفيه يستخدم الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات لتمنع انتشارها، وتبدأ هذه العمليات بحدوث إلتهاب شديد

الإستجابة بالالتهاب inflammatory response : عبارة عن تفاعل دفاعى غير تخصصى (غير نوعى) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذى تسببه الإصابة أو العدوى. حيث تتمدد الأوعية الدموية إلى أقصى مدى بسبب إفراز كميات من المواد المولدة للالتهاب ومن أهمها مادة الهيستامين Histamine التى تفرزها أنواع من خلايا الدم البيضاء مثل الخلايا الصارية Mast cells وخلايا الدم البيضاء القاعدية، وهذه المواد تزيد أيضا من نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية لسائل الدم (البلازما) وذلك يؤدى إلى تورم الأنسجة فى مكان الإلتهاب كما يسمح بنفاذ المواد الكيميائية كالانترفيرونات كما يتيح لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا القاتلة الطبيعية بالنفاذ ومحاربة وقتل الكائنات المسببة للأمراض.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



شكل (١٦) الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)

ثانيا : المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) :

Acquired (specific or adaptive immunity:

إذا ما أخفق خط الدفاع الثانى فى التخلص من الجسم الغريب فإن الجسم هنا يلجأ إلى خط دفاع ثالث ممثلا فى الخلايا الليمفاوية والتى تستجيب لذلك بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) التى تقاوم ذلك الكائن المسبب للمرض. وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بالاستجابة المناعية The immune response وتتم المناعة المكتسبة أو التخصصية (النوعية) من خلال آليتين منفصلتين شكلياً لكنهما متداخلتان ومتزامنتان مع بعضهما البعض وهما:

أ- المناعة الخلطية أو المناعة بالاجسام المضادة

Humoral or antibody–mediated immunity

تختص بالدفاع عن الجسم ضد الأنتجينات والكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات، وكذلك السموم) الموجودة فى سوائل الجسم بواسطة الأجسام المضادة، وتتلخص فى الخطوات التالية:

١- عند دخول كائن ممرض حاملا على سطحه أنتيجين معيّن الى الجسم، تتعرف الخلايا الليمفاوية البائية على هذا الأنتيجين الغريب عن الجسم (فكل خلية ليمفاوية بائية متخصصة . أى أن لديها نوع واحد من المستقبلات المناعية يمكنه التعرف على نوع واحد من الأنتيجينات والارتباط به . ومستقبل الخلية البائية له نفس شكل وتركيب الجسم المضاد الذي سيتم انتاجه بواسطة تلك الخلية عندما تتمايز إلى خلية بلازمية وعندما تتعرف الخلية اللمفاوية البائية على الكائن الممرض

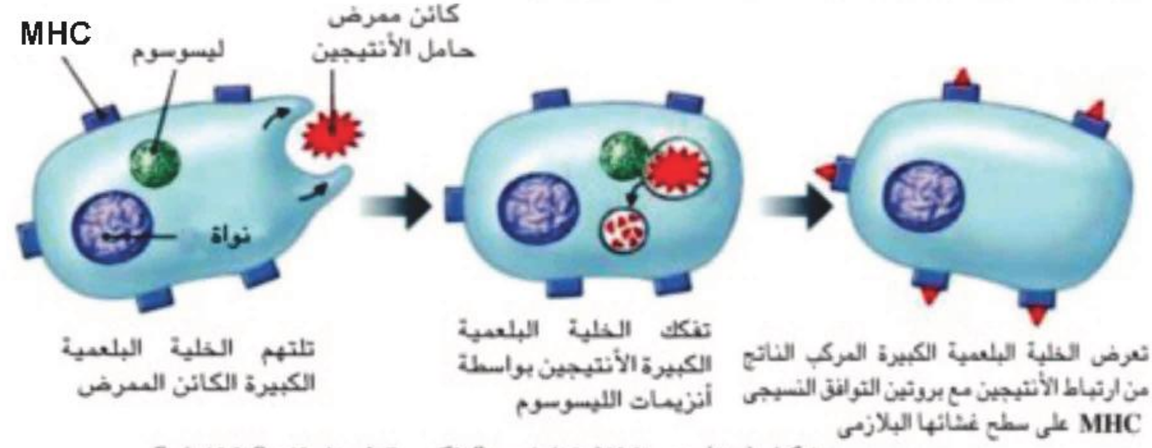
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الخـاص بها فإنها تلصق نفسها به بواسطـة المستقبـلات المناعيـة الموجودة على سطحها.

ثم تقوم بادخاله إلى داخلها بمساعدة المستقبل المناعي وتفكيكه إلى أنتيجينات ترتبط مع بروتين فى الخلايـا الليمفاويـة البائيـة يطلـق عليه بروتـين التـوافـق النسيجـى (MHC) ثم ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع ال (MHC) إلى سطح الخلية البائية لكى يتم عرضه على سطحها الخارجي.

٢- فى نفس الوقت، تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الكائن الممرض و تفكيكه بواسطة انزيمات الليسوسوم الى أنتيجينات، ثمَ ترتبط هذه الأنتيجينات داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجى (MHC)

بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة، أى يتم عرضه على سطحها الخارجي.



شكل (١٧) دور الخلايا البلعمية الكبيرة فى المناعة الخلطية

٣- تتعرف الخلايا التائية المساعدة T_H على هذا الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجى MHC الموجود على سطح الخلية البلعمية ثم ترتبط بهذا المركب فيتم تنشيطها لتقوم بعد ذلك بإطلاق مواد بروتينية تدعى انترلوكينات تقوم بتنشيط الخلايا البائية B التى تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجى MHC.

(ملحوظة : لاتستطيع الخلايا التائية المساعدة T_H أن تتعرف على الأنتيجين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمى مرتبطا مع جزيئات MHC).

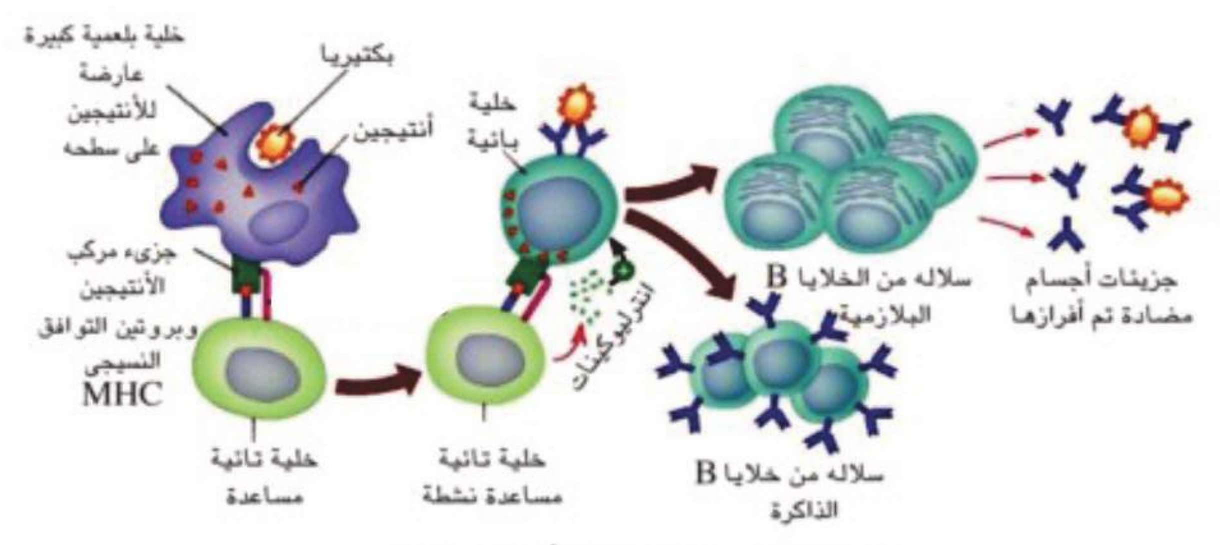
٤- تبدأ الخلايا البائية B المنشطة عملها بالإنقسام والتضاعف، وتتمايز فى النهاية الى خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory cells ، والعديد من الخلايا البلازمية Plasma cells التى تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التى تدور عبر الأوعية اللمفاوية ومجرى الدم لتحارب العدوى. وتبقى خلايا الذاكرة لمدة طويلة (٢٠-٣٠ سنة) فى الدم لتتعرف على نوع الأنتيجين السابق اذا دخل ثانية الى الجسم حيث تنقسم وتتمايز الى خلايا بائية ذاكرة و خلايا بلازمية تفرز اجساما مضادة له وبالتالى تكون الاستجاب سريعة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



٥- تصل الأجسام المضادة التى أنتجتها الخلايا البلازمية الى الدورة الدموية عن طريق الليمف، ثم ترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائنات الممرضة فيثير ذلك الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الكائنات من جديد، وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع (شكل ١٨).

والأجسام المضادة التى تكوّنها الخلايا البلازمية تكون غير فعالة بما فيه الكفاية فى تدمير الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس. فالأجسام المضادة غير قادرة على المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة نسبياً وبالتالى فهى لاتستطيع الوصول الى الفيروس الذى يتكاثر داخل الخلية، وفى هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية T.



شكل (١٨) المناعة الخلطية (بالأجسام المضادة)

ب- المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة :

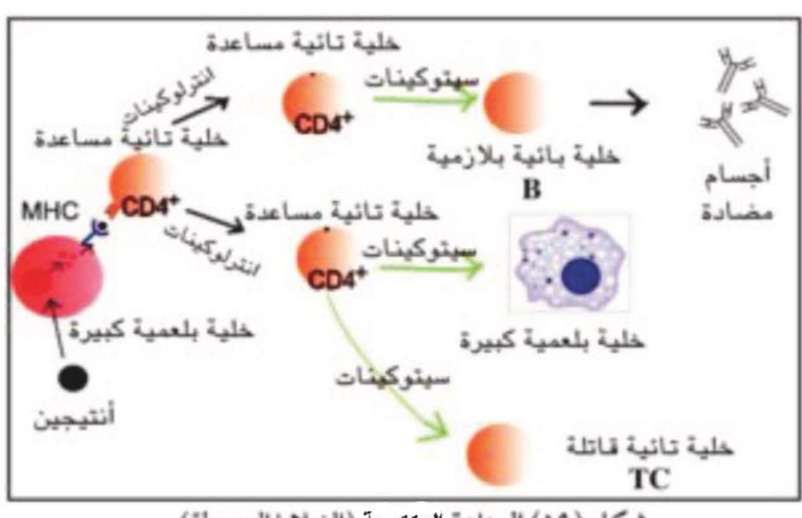
Cellular or cell–mediated immunity:

هى الاستجابة المناعية التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية T بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التى تكسبها الإستجابة النوعية المتخصصة للأنتيجينات، حيث تنتج كل خلية تائية أثناء عملية النضج نوعا من المستقبلات Receptors الخاصة بغشائها وبذلك فإن كل نوع من هذه المستقبلات يمكنه الارتباط بنوع واحد من الأنتيجينات. ويمكن تلخيص هذه الآلية كما يلى:

١- عند دخول الكائن الممرض (البكتيريا او الفيروسات) الى الجسم، فإن الخلايا البلعمية الكبيرة تقوم بابتلاعه ثم تفككه الى أنتيجينات ثم ترتبط هذه الأنتيجينات داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجى MHC . بعد ذلك ينتقل المركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة، أى يتم عرضه على سطحها الخارجي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢- ترتبط الخلايا التائية المساعدة T_H - والتى تتميز بوجود نوع واحد من المستقبلات على غشائها - بالمركب الناتج من ارتباط الانتيجين مع الـ MHC الذى يظهر على سطح الخلايا البلعمية الكبيرة حيث يرتبط مستقبلها المناعى مع هذا المركب. ثم تقوم الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة بإطلاق المواد البروتينية التى تدعى **انترلوكينات** لتقوم بتنشيط نفسها كى تنقسم لتكون سلالة من الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة وخلايا T_H ذاكرة تبقى لمدة طويلة فى الدم لتتعرف على نوع الأنتيجين السابق اذا دخل ثانية للجسم.



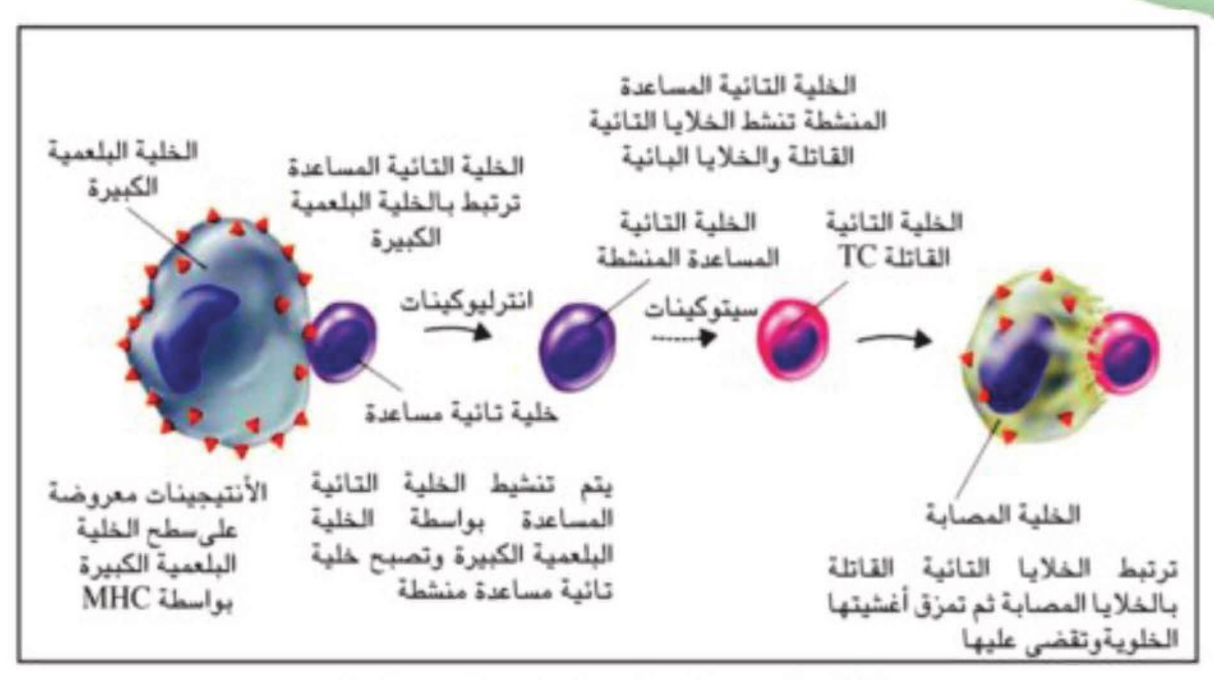
شكل (١٩) المناعة المكتسبة (الخلايا الوسيطة)

كما تقوم الخلايا التائية المساعدة T_H المنشطة بافراز عدة أنواع من بروتينات **السيتوكينات** التى تعمل على:

- جذب الخلايا البلعمية الكبيرة الى مكان الاصابة بأعداد غفيرة.
- تنشيط الخلايا البلعمية الكبيرة والأنواع الأخرى من الخلايا الليمفاوية التائية القاتلة أو السامة (T_C) وكذلك الخلايا البائية (B). وبالتالى يتم تنشيط آليتى المناعة الخلوية والخلطية.
- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية (NK) لمهاجمة خلايا الجسم غير الطبيعية كالخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات الممرضة.

٣- تتعرف الخلايا التائية القاتلة أو السامة T_C بواسطة المستقبل المناعي الموجود على سطحها على الأجسام الغريبة سواء كانت أعضاء مزروعة فى الجسم أو خلايا مصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية و تقضى عليها. فعندما ترتبط هذه الخلايا بالأنتيجين فإنها تقوم بتثقيب غشاء تلك الخلايا المصابة بواسطة إفراز بروتين معين يسمى **البيرفورين Perforin** (أو **البروتين صانع الثقوب** perforating protein)، وافراز سموم ليمفاوية تنشط جينات معينة فى نواة الخلايا المصابة مما يؤدى الى تفتيت نواة الخلية وموتها.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



شكل (٢٠) دور الخلايا التائية القاتلة فى المناعة الخلوية

تثبيط الاستجابة المناعية :

بعد ان يتم القضاء على الأنتيجينات الغريبة، ترتبط الخلايا التائية المثبطة (T_S) بواسطة المستقبل المناعي الموجود على سطحها مع الخلايا البلازمية والخلايا التائية المساعدة والسامة فيحفزها هذا الارتباط على إفراز بروتينات الليمفوكينات Lymphokins التى تثبط أو تكبح الاستجابة المناعية أو تعطلها، وبذلك تتوقف الخلايا البائية (B) البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة وكذلك موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة والسامة المنشطة ولكن بعضها يختزن فى الأعضاء الليمفاوية، حيث تبقى هناك مهيأة لمكافحة أي عدوى مماثلة عند الحاجة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مراحل المناعة المكتسبة

عندما يصاب فرد ما بمرض معين مثل الحصبة، فإنه لايصاب به مرة ثانية طوال حياته. هل تعرف لماذا؟

لانه قد اكتسب مناعة لهذا المرض، وهى تحدث على مرحلتين:

المرحلة الأولى: الاستجابة المناعية الأولية

Primary immune response

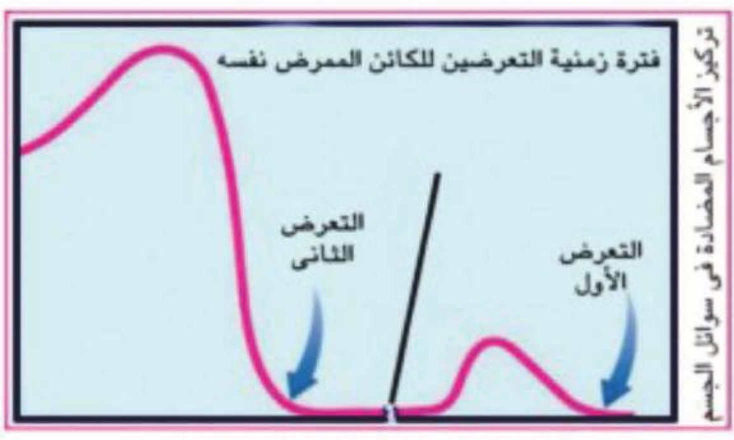
عندما يلاقى الجهاز المناعى كائنًا ممرضًا جديدًا، فإن الخلايا البائية والتائية تستجيب لأنتيجينات ذلك الكائن الممرض وتقوم بمهاجمته حتى تقضى عليه، وهذا يستغرق وقتًا، فهذه الخلايا الليمفاوية فى حاجة إلى الوقت كى تتضاعف، ولذلك فإن الاستجابة الأولية تستغرق ما بين خمسة إلى عشرة أيام كى تصل إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية، أثناء هذا الوقت يمكن أن تصبح العدوى واسعة الانتشار وتظهر أعراض المرض.

المرحلة الثانية: الاستجابة المناعية الثانوية

Secondary immune response

إذا ما أصيب ذلك الفرد مرة ثانية بنفس ذلك الكائن الممرض ، فإن الاستجابة المناعية تكون سريعة جدًا إلى الدرجة التى غالبًا ما يتم فيها تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض.

وتعرف الخلايا المسئولة عن الاستجابة المناعية الثانوية بخلايا الذاكرة Memory cells، فهى نفس نوع الخلايا التي تعرفت على نفس الكائن الممرض من قبل ولكنها أكثر عددًا.



شكل (٢١) الاستجابة المناعية الأولية والثانوية

يحتوى جسمك على كل من خلايا الذاكرة البائية وخلايا الذاكرة التائية، وكلا النوعين من خلايا الذاكرة يتكون أثناء الاستجابة المناعية الأولية، ففى حين أن الخلايا البائية والخلايا التائية لا تعيش إلا أيامًا معدودة، فإن خلايا الذاكرة تعيش عشرات السنين أو قد يمتد بها الأجل طول العمر.

أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض ، تستجيب خلايا الذاكرة لذلك الكائن الممرض فور دخوله الى الجسم، فتبدأ فى الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج الخلايا البلازمية التي تنتج الأجسام المضادة وكذلك العديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير وذلك لأن أعدادها أكبر بكثير من الخلايا البائية والتائية وممن ثم هي تستغرق وقتًا أقل في التعرف على الكائن الممرض والاستجابة له .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أسئلة

س١ اختر الاجابة الصحيحة مما يلى :

١- من أمثلة المناعة البيوكيمائية فى النباتات ....

أ- تكوين الفلين ب- انتاج الفينولات ج- ترسيب الصموغ د- تكوين التيلوزات

٢- يتم نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية الى الخلايا التائية T وتمايزها الى انواعها المختلفة فى .

أ- نخاع العظام ب- الغدة التيموسية ج- الطحال د- اللوزتان

٣- تصنع الخلايا البائية B وتنضج فى ....

أ- الغدة التيموسية ب- نخاع العظام ج- الطحال د- اللوزتان

٦- الخلايا الليمفاوية التى توجد فى الدم هى ....

أ- الخلايا البائية B ب- الخلايا التائية T

ج- الخلايا القاتلة الطبيعية د- جميع ماسبق

٤- الخلايا الليمفاوية التى تهاجم الخلايا السرطانية والأعضاء المزروعة هى ....

أ- الخلايا التائية T المساعدة ب- الخلايا التائية T السامة

ج- الخلايا التائية T المثبطة د- جميع ما سبق

٥- من الخلايا التى لها القدرة على التهام الميكروبات والاجسام الغريبة.......................

أ- الخلايا البلعمية الكبيرة ب- خلايا الدم البيضاء عديدة الأنوية

ج- خلايا الدم البيضاء وحيدة النواة د- جميع ما سبق

س٢ علل لما يأتى :

- تغلظ الجدار الخلوى لخلايا النبات بالسليلوز واللجنين
- تمتد من الخلايا البارنشيمية المجاورة لقصيبات الخشب بروزات تدخل من خلال النقر عند تعرض الجهاز الوعائى للقطع أو غزو الكائنات الممرضة
- تفرز بعض النباتات مركبات سامة مثل الفينولات
- يلعب هرمون التيموسين دورا فى عمل الجهاز المناعى
- تزيد أعداد الخلايا التائية T المثبطة بعد القضاء على الميكروبات

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

■ يزداد افراز الأنترفيرونات فى الخلايا المصابة بالفيروسات

■ تعدد أنواع الأجسام المضادة

■ تعتبر الدموع واللعاب من انواع المناعة الطبيعية

■ لا يصاب الانسان بالحصبة الا مرة واحدة

■ يقتل النبات بعض انسجته المصابه بالميكروب

س٣ ماذا يحدث فى الحالات التالية ؟

١- دخول ميكروب حاملاً على سطحه انتيجين معين إلى الجسم

٢- حدوث قطع فى فى جزء من النبات

٣- اصابة النباتات ببكتريا سامة

٤- نقص افراز هرمون التيموسين فى الانسان

٥- نقص الانترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروسات

س٤ قارن بين :

١- المناعة الطبيعية والمناعة المكتسبة فى الإنسان

٢- المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية فى النباتات

٣- الخلايا البائية B والخلايا التائية T

٤- الخلايا التائية السامة والخلايا التائية المثبطة

٥- الكيموكينات والإنترليوكينات

٦- المتممات والانترفيرونات

٧- المناعة الأولية والمناعة الثانوية

س٥ ما المقصود بكل من :

١- المناعة البيوكيميائية فى النبات   ٢- التيلوزات   ٣- العقد الليمفاوية

٤- الخلايا التائية   ٥- الخلايا البلعمية الكبيرة   ٦- الكيموكينات

٧- الانترفيرونات   ٨- سلسلة المتممات   ٩- الاستجابة بالالتهاب

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

س٦ اذكر مكان ووظيفة كل من :

١- الغدة التيموسية ٢- الطحال ٣- اللوزتان

٤- بقع باير ٥- الخلايا القاتلة الطبيعية ٦- الصملاخ

س٧ الشكل المقابل يوضح تركيب الجسم المضاد ، من خلال هذا الشكل أجب عن الآتى :

١- اكتب البيانات التى تشير اليها الأرقام

٢- ما هى السلاسل الثقيلة وما هى السلاسل الخفيفة ؟ وكيف ترتبط ببعضها ؟

٣- كيف تختلف الأجسام المضاده عن بعضها ؟

٤- ما المقصود بالجزء الثابت والجزء المتغير من الجسم المضاد ؟

٥- كيف يتكون معقد الأنتيجن والجسم المضاد ؟

س٨ تنتج الاستجابة الالتهابية عن اصابة خلية بأذى

أ - ما دور الهستامين فى الاستجابة الالتهابية ؟

ب - ما الفائدة من استجابة أكثر من نوع من خلايا الدم البيضاء فى الاستجابة الألتهابية ؟

س٩ حدد الدور الذى تؤديه خلايا الذاكرة فى حماية الجسم من الاصابة بالأمراض ؟

س١٠ اذكر بعض وسائل المناعة الطبيعية التى تمثل خط الدفاع الأول فى الانسان

س١١ وضح التغيرات الشكلية التى تحدث لخلايا النبات عند اصابتها بالميكروبات

س١٢ اذكر ثلاث أعضاء ليمفاوية تلعب دورا هاما فى جهاز المناعة فى الانسان .. ثم وضح دور كل عضو من هذه الأعضاء فى حماية الجسم

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

س١٣ وضح بالرسم مع كتابة البيانات (أ) قطاع فى عقدة ليمفاوية

(ب) تركيب الجسم المضاد

س١٤ وضح بالرسم أنواع خلايا الدم البيضاء المختلفة

س١٥ ضح طرق عمل الأجسام المضادة

س١٦ صف كيف تتعرف الخلايا الليمفاوية على مسببات المرض وكيف يتم الارتباط بها؟

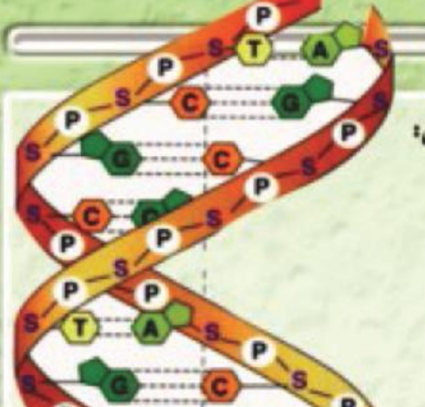
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الباب الثانى

البيولوجية الجزيئية

الفصل الأول

الحمض النووى DNA والمعلومات الوراثية



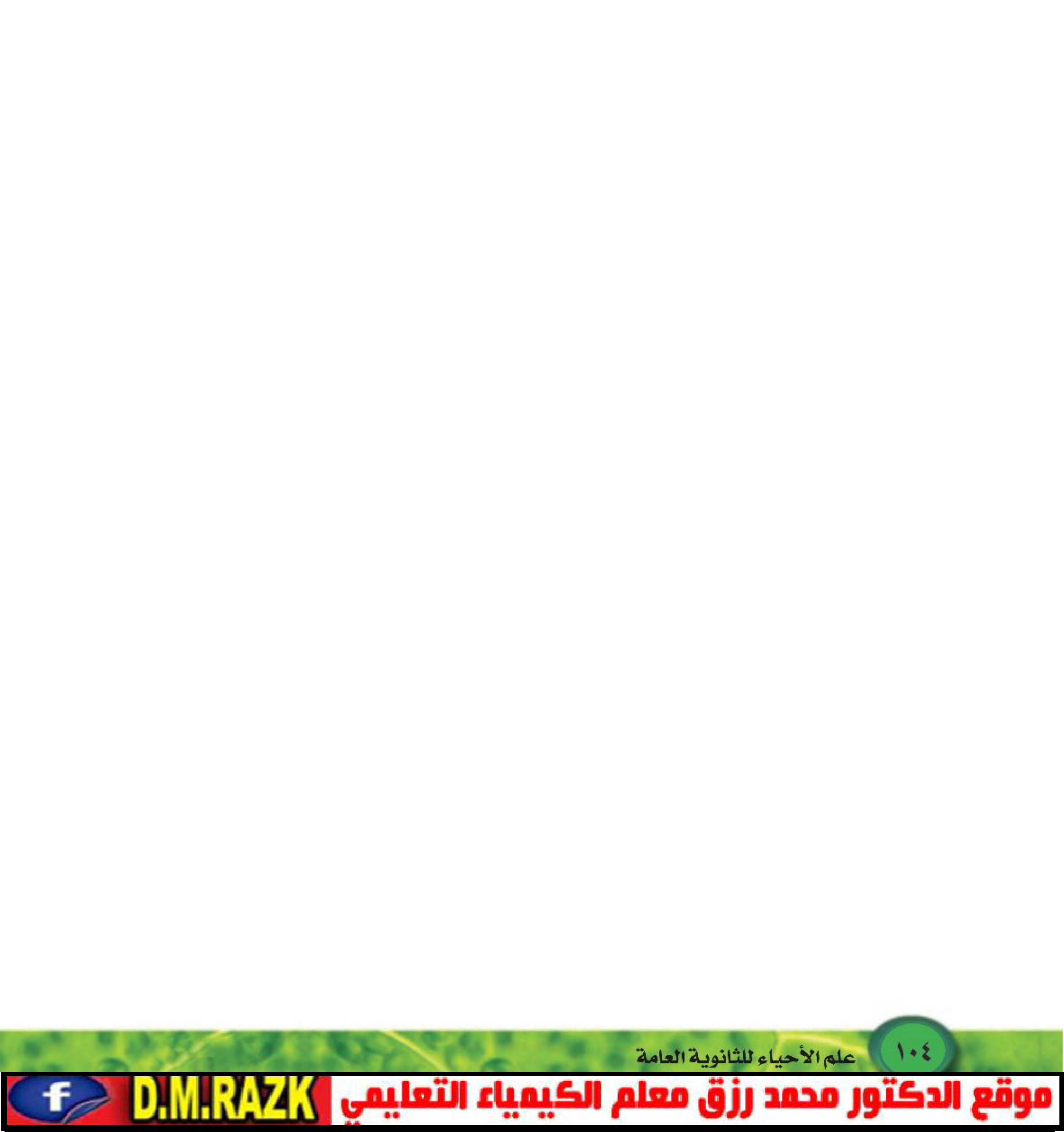
فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادراً على أن:

- يتعرف دور العلماء فى معرفة مادة الوراثة.
- يتعرف تركيب الحمض النووى DNA
- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا
- يقدر دور العلماء فى التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه

يستنتج الفروق بين DNA فى أوليات وحقيقيات النواة

- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزاً صغيراً بالنواة.
- يتعرف تركيب المحتوى الجينى.
- يتعرف الطفرات وأنواعها.
- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ولقد وجد علماء البيولوجي إنه أثناء انقسام الخلية تنفصل الصبغيات (الكروموسومات) عن بعضها البعض بحيث يصبح في النهاية لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية، مما يدل على أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية، إلا أن الصبغيات يدخل في تركيبها مركبان رئيسيان هما DNA والبروتينات فأي منهما يحمل المعلومات الوراثية ؟

ومن الواضح أن الجينات لابد أنها تحتوي على معلومات كثيرة متنوعة ، وكان من المعروف أن البروتينات مجموعة من الجزيئات المتنوعة حيث يدخل في تركيبها ٢٠ حمضًا أمينيًا مختلفًا وتتجمع هذه الأحماض الأمينية بطرق متباينة لتعطى عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بينما يدخل في تركيب DNA أربع نيوكليوتيدات فقط، ولذلك اعتقد العلماء في أول الأمر أن البروتينات هي التي تحمل المعلومات الوراثية، إلا انه في الأربعينيات من القرن الماضي ظهر خطأ هذا الاعتقاد، حيث اتضح أن DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية ، واكتشاف أن DNA هو المادة الوراثية أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة والذي يطلق عليه عادة اسم البيولوجيا الجزيئية (Molecular Biology) وهو أحد المجالات الحديثة في العلم والذي يتقدم بسرعة كبيرة جدًا .

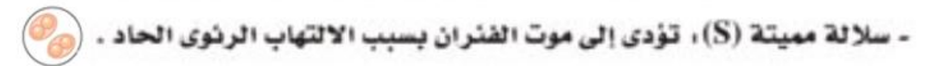
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

١-التحول البكتيرى (Bacterial Transformation):

فى عام ١٩٢٨ حين كان العالم البريطانى جريفث (Griffith) يدرس البكتيريا المسببة لمرض الالتهاب الرئوى. بغرض انتاج لقاح أو فاكسين ضد هذا المرض وقد أجرى جريفث تجاربه على الفئران (شكل ١) مستخدمًا نوعين من سلالة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوى وهمـا :

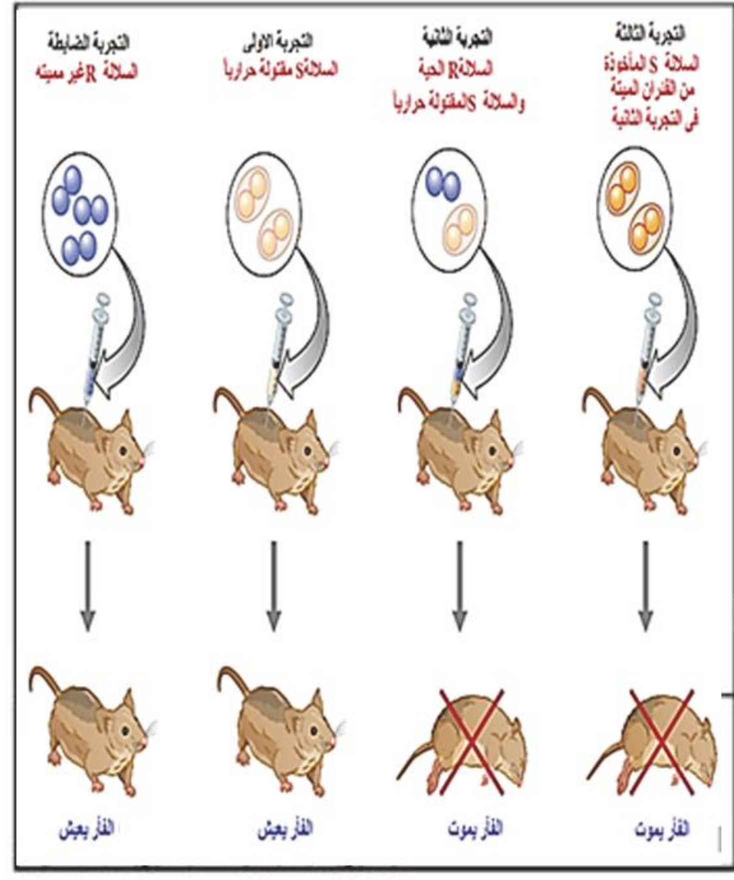
- سلالة مميتة (S)، تؤدى إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوى الحاد .



- سلالة غير مميتة (R) تؤدى إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوى ولا تسبب موتها .

وقد تأكد من ذلك بعد حقن فئران ببكتيريا (S) فماتت، بينما عند حقن مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (R) فلم تمت .

- حقنت مجموعة من الفئران ببكتيريا (S) التى سبق قتلها بالحرارة فلم تمت الفئران .
- وعندما حقنت مجموعة أخرى من الفئران ببكتيريا (S) الميتة مع بكتيريا (R) الحية لاحظ جريفث موت بعض الفئران . وعنـد فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية . استنتج جريفث أن المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا (S) قد انتقلت إلى داخـل البكتيريا (R) وحولتها إلى بكتيريا مميتة من النوع (S) أطلق على هـذه الظاهـرة اسم (التحول البكتيرى) ولم يفسر لنا كيفية انتقال المـادة الوراثيـة من بكتيريا (S) إلى بكتيريا (R) وقـد تمكن (آفري Avery) وزمـلاؤه من عزل مادة التحول البكتيرى التى تسببت فى تحول بكتيريا غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة وعند تحليل هذه المادة وجد أنها تتكون من DNA.



شكل (١) تجربة جريفث

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

وتفسر النتائج السابقة على أن إحدى السلالات البكتيرية قد امتصت DNA الخاص بسلالة أخرى - واكتسبت هذه البكتيريا خصائص البكتيريا التى أتى منها DNA ، وأهم من ذلك أن هذا التحول البكتيرى للبكتيريا المستقبلة قد انتقل إلى الأبناء.

وقد أثير فى أول الأمر اعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية وذلك على أساس أن الجزء من DNA الذى سبب التحول لم يكن على قدر كاف من النقاوة ، ولذلك كانت به كمية من البروتين هى التى سببت هذا التحول .

التجربة الحاسمة :

وفيها استخدم آفرى وزملاؤه إنزيم له القدرة على تحليل جزىء DNA تحليلا كاملا إلى نيوكليوتيدات ويسمى هذا الأنزيم دى أوكسي ريبونيوكليز (Deoxyribonuclease) إلا أنه لا يؤثر على المركبات البروتينية أو RNA ، ولقد وجد أنه عندما عوملت المادة النشطة المنتقلة بهذا الأنزيم توقفت عملية التحول مما يؤكد أن DNA هو المادة الوراثية .

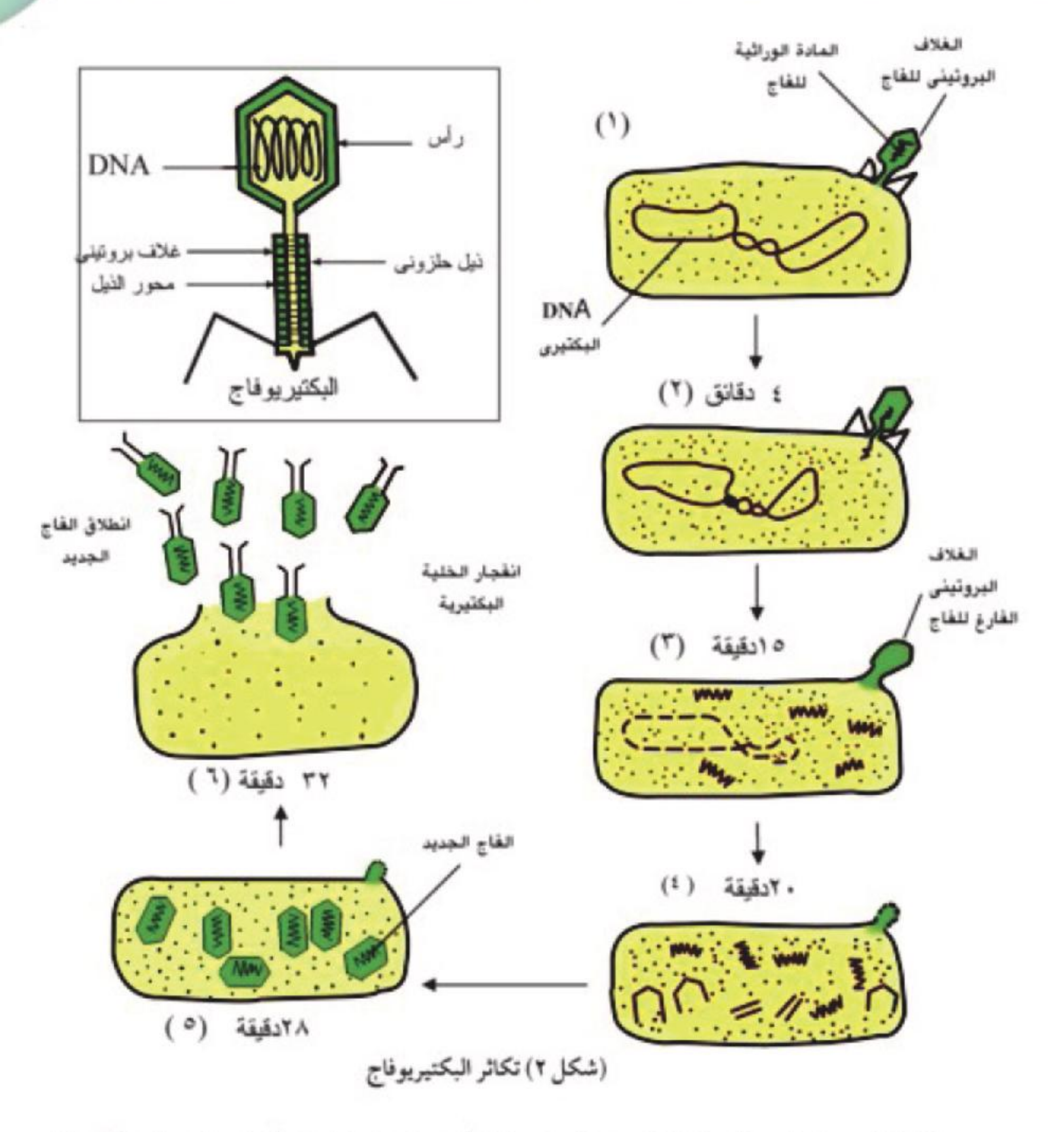
٢ - لاقمات البكتيريا :(Bacteriophages) (تجربة هيرشي وتشيس)

وهناك دليل آخر على أن DNA هو المادة الوراثية يأتى من الدراسات التى أجريت على لاقمات البكتيريا (فاج Phage للاختصار) ، وقد كان من المعروف قبل ذلك أن الفاج الذى استخدم فى هذه التجارب يتكون من DNA وغلاف بروتينى يحيط به ويمتد ليكون مايشبه الذيل الذى يتصل بالخلية البكتيرية التى يهاجمها ، وقد لوحظ أنه بعد حوالى ٣٢ دقيقة من اتصال الفيروس بالخلية البكتيرية تنفجر الخلية البكتيرية ، ومن الواضح أن مادة ما (أو مجموعة مواد) مرت من الفيروس إلى الخلية البكتيرية تحتوى على جينات الفيروس .

ومن المعروف أن DNA يدخل فى تركيبه الفوسفور (كما سنرى فيما بعد) الذى لايدخل عادة فى بناء البروتين ، كما أن البروتين قد يدخل فى تركيبه الكبريت والذى لايدخل فى تركيب DNA.

وقد استغل هرشى (Hershy) وتشيس (Chase)هذه الحقيقة فى إجراء تجربة هامة (شكل ٢) حيث قاما بترقيم DNA الفيروسى بالفوسفور المشع وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع، ثم سمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا وقاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع والكبريت المشع فى داخل وخارج الخلايا البكتيرية ، وقد أظهرت نتائج هذه التجربة أن كل DNA الفيروسى تقريبا قد دخل إلى داخل الخلية البكتيرية ، بينما لم يدخل بروتين الفيروس إلى البكتيريا أى أن DNA الفيروسى هو الذى يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



(شكل ٢) تكاثر البكتيريوفاج

والاستنتاج من تجارب التحول البكتيرى والتجارب التى أجريت على الفاج هو أن الجينات على الأقل تلك الخاصة ببكتيريا الالتهاب الرئوى والفاج - تتكون من DNA.

لاحظ أننا قصرنا هذه الاستنتاجات على الكائنات الحية التى أجريت عليها التجارب. والسؤال التالى هو: هل كل الجينات عبارة عن DNA؟

والإجابة عن هذا السؤال بالنفى وذلك لأن هناك بعض الفيروسات لايدخل DNA فى تركيبها بل ثبت أن RNA هو المادة الوراثية فى هذه الفيروسات . إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث انها

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



تكون جزءًا صغيرًا من صور الحياة ، وعلى ضوء الدراسات العديدة التى أجريت حتى الآن تأكد أن DNA هو المادة الوراثية لكل صور الحياة تقريبًا.

٣ - كمية DNA فى الخلايا :

هناك دليل مادى آخر على أن DNA هو المادة الوراثية فى حقيقيات النواة فعند مقارنة كمية DNA فى أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) وجد أنها متساوية ، بينما عند قياس كمية البروتين فى نفس أنواع الخلايا وجد أنها غير متساوية .

وعند مقارنة كمية DNA فى الخلايا الجسدية والخلايا الجنسية (الأمشاج) لنفس الكائن الحى ، وجد أن كمية DNA فى الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA الموجودة فى الخلايا الجسدية .

وحيث إن الفرد الجديد ينشأ عن اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لذا يجب أن يحتوى كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية الموجودة فى الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف فى كل جيل بينما لايتفق هذا مع البروتين مما ينفى أن البروتين يعمل كمادة وراثية ومن جهة أخرى فإن البروتينات يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار فى داخل الخلايا ، بينما يكون DNA ثابتًا بشكل واضح فى الخلايا .

تركيب DNA

منذ أوائل الخمسينيات من القرن الحالى أصبح هناك أدلة قوية تكفى لاعتبار أن DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية ، وانشغل العديد من الباحثين فى محاولة التعرف على تركيب جزىء DNA ووضع نموذج له. وأى نموذج يوضع لتركيب جزىء DNA لابد أن يأخذ فى الاعتبار المعلومات التالية التى انبثقت عن العديد من التجارب :

١ - يتكون DNA من النيوكليوتيدات ، وتتركب كل نيوكليوتيدة من ثلاثة مكونات : سكر خماسى دي أوكسي ريبوز (deoxyribose) فى حالة نيوكليوتيدات (DNA) ومجموعة من الفوسفات مرتبطة برابطة تساهمية بذرة الكربون الخامسة فى السكر وواحدة من القواعد النيتروجينية الأربعة ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون الأولى فى السكر الخماسى ، والقاعدة النيتروجينية قد تكون أحد مشتقات البيريميدين Pyrimidine ذى الحلقة الواحدة ثايمين Thymine(T) أو سيتوزين Cytosine (C)، أو أحد مشتقات البيورين Purine ذو الحلقتين ، أدينينAdenine(A) أو جوانين .Guanine(G)

٢ - عندما ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها البعض فى شريط DNA فإن مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ فى سكر أحد النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية مع ذرة الكربون رقم ٣ فى سكر

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

النيوكليوتيدة التالية (شكل ٣) والشريط الذى يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه هيكل سكر فوسفات. وهذا الهيكل غير متماثل بمعنى أنه يوجد به مجموعة فوسفات طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٥ فى السكر الخماسى عند إحدى نهاياته ومجموعة هيدروكسيل OH طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم ٣ فى السكر الخماسى عند النهاية الأخرى. أما قواعد البيورين والبيريميدين فإنها تبرز على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

٣ - فى كل جزيئات DNA يكون عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الأدينين مساوياً لتلك التى تحتوى على الثايمين، وعدد النيوكليوتيدات المحتوية على الجوانين تكون مساوية لتلك التى تحتوى على السيتوزين أى $G = C, A = T$.

٤- جاء الدليل المباشر على الشكل الفراغي لـ DNA من الدراسات التى قامت بها فرانكلين (Franklin) حيث استخدمت تقنية حيود أشعة X فى الحصول على صور لبللورات من DNA عالى النقاوة. وفى هذه التقنية تمرر أشعة X خلال بللورات من جزيئات ذات تركيب منتظم مما ينشأ عنه تشتت أشعة X حيث يظهر طراز من توزيع نقط يعطى تحليلها معلومات عن شكل الجزيء. وفى عام ١٩٥٢ نشرت فرانكلين صورا لبللورات من DNA عالى النقاوة. ولقد أوضحت نتائجها أن جزيء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب (helix) بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط، كما وفرت هذه الصور دليلا على أن هيكل سكر فوسفات يوجد فى الجهة الخارجية من اللولب وتوجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل. وعلاوة على ذلك فإن قطر اللولب دل على أنه يتكون من أكثر من شريط من DNA.

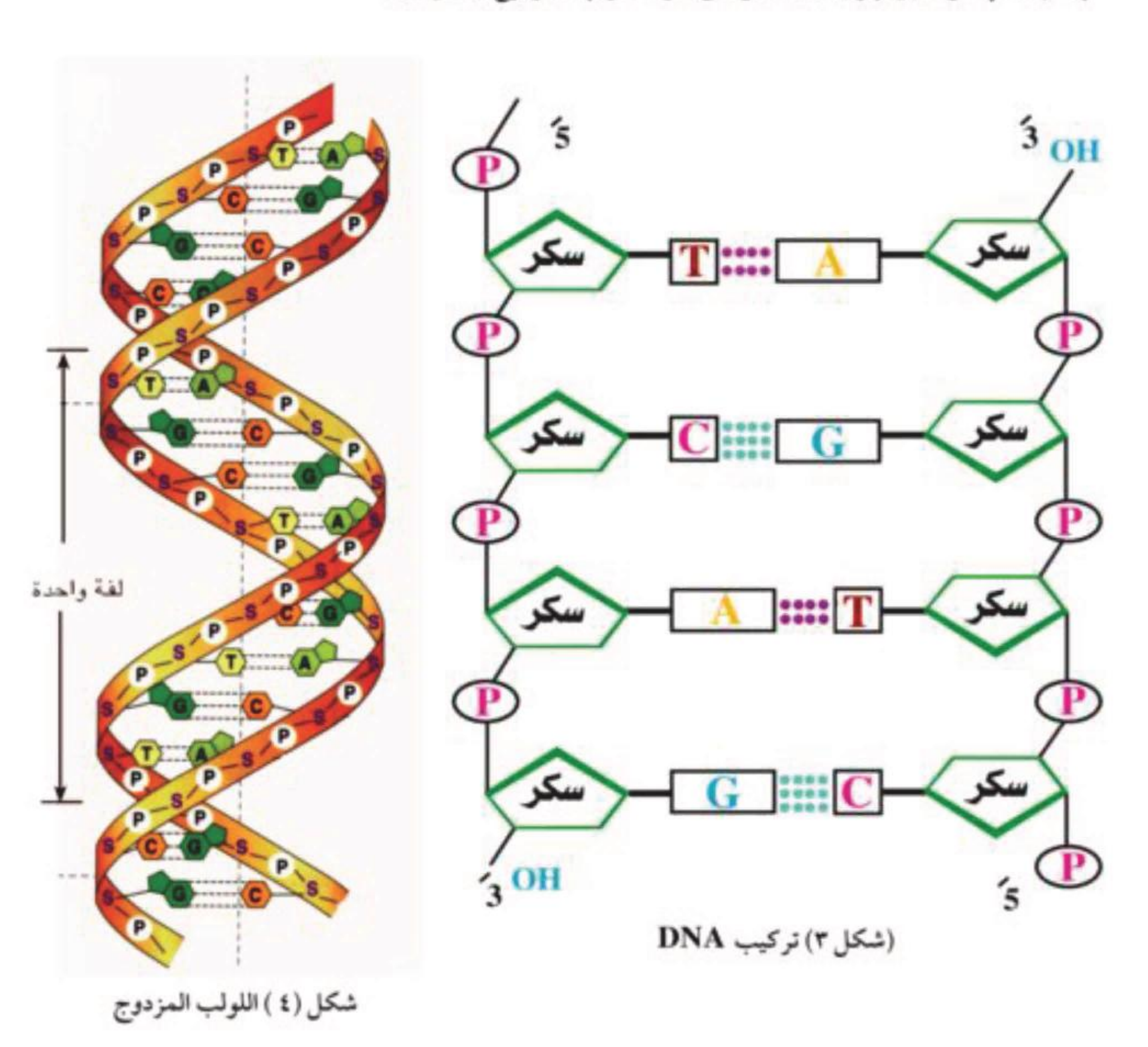
بعد أن نشرت فرانكلين صور DNA بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة فى صورة نموذج (model) لتركيب جزيء DNA، إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان واطسن وكريك (Watson & Crick) ويتركب هذا النموذج من شريطين يرتبطان كالسلم الخشبي حيث يمثل هيكلا السكر والفوسفات جانبى السلم، بينما تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم (شكل ٣).

وتتكون كل درجة إما من الأدينين مرتبطًا بالثايمين، أو من الجوانين مرتبطاً بالسيتوزين، وفى كل درجة قد توجد أى من القواعد الأربع على أى من الشريطين، وترتبط أزواج القواعد النيتروجينية فى كل درجة بروابط هيدروجينية حيث توجد رابطتان بين الأدينين والثايمين، بينما يرتبط الجوانين والسيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية (شكل ٣) وحيث إن كل زوج من القواعد النيتروجينية التى ترتبط ببعضها البعض يحتوى على قاعدة ذات حلقة واحدة، وأخرى ذات حلقتين فإن عرض درجات السلم يكون متساويًا ويكون شريطا DNA على نفس المسافة من بعضها البعض على امتداد جزيء DNA

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ولكى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم بين زوجى القواعد النيتروجينية رأى واطسون وكريك أن شريطى جزىء DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم ٥ فى السكر الخماسى فى شريطى DNA تكون عند الطرفين المعاكسين (شكل ٣).

وأخيرًا فإن سلم DNA ككل يلتف (يجدل) بحيث يوجد عشر نيوكليوتيدات فى كل لفة على الشريط الواحد ليتكون لولب أو حلزون DNA . وحيث إن اللولب (أو الحلزون) يتكون من شريطين يلتفان حول بعضهما البعض . فإن جزىء DNA يطلق عليه اللولب المزدوج (شكل ٤) .



شكل (٤) اللولب المزدوج

(شكل ٣) تركيب DNA

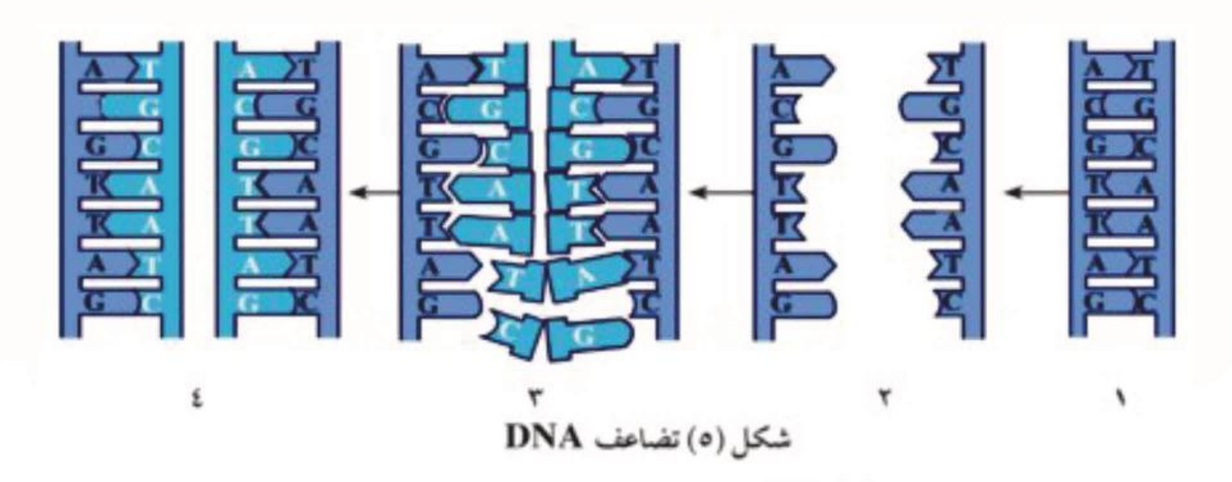
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تضاعف DNA

قبل أن تبدأ الخلية فى الانقسام تتضاعف كمية DNA بها حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم ، ولقد أشار كل من واطسون وكريك إلى أن تركيب الشريط المزدوج ذى القواعد المتزاوجة لجزىء DNA ، يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة ، فحيث إن الشريطين يحتويان على قواعد متكاملة . فإن تتابع النيوكليوتيدات فى كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لإنتاج الشريط المقابل ، فمثلاً إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية فى جزء من الشريط هو

3´... - C - C - T - A - A ...5´ فإن قطعة الشريط التى تتكامل معها يكون ترتيب قواعدها النيتروجينية 5´... - G - G - A - T - T ...3´ فإذا ما تم فصل شريطى DNA عن بعضهما البعض ، فإن أيا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه . ولقد قام العلماء بإجراء العديد من التجارب للتأكد من ذلك .

الإنزيمات وتضاعف DNA



شكل (٥) تضاعف DNA

يتطلب نسخ DNA تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات فى الخلية . ولكى يتم النسخ يتعين حدوث ما يلى :

١ - ينفك التفاف اللولب المزدوج .

٢ - تقوم إنزيمات اللولب (DNA-helicases) بالتحرك على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما البعض وذلك بكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد المتزاوجة فى الشريطين وابتعادهما عن بعضهما لتتمكن القواعد من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة. مكونة ما يعرف باسم شوكة التضاعف (Replication fork)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣- تقوم إنزيمات البلمرة (DNA-Polymerases) ببناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة النيوكليوتيدات واحدة بعد الأخرى إلى النهاية ´3 لشريط DNA الجديد . ولكى يتم إضافة النيوكليوتيدة إلى الشريط الجديد لابد أولاً أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية فى النيوكليوتيدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب (شكل ٥) .

- من المعروف أن إنزيم البلمرة (DNA polymerase) يعمل فى إتجاه واحد فقط على الشريط الاصلى فى الإتجاه ´3 ⟵ ´5 ليكون شريط جديد فى الإتجاه ´5 ⟵ ´3 الذى يتم بناؤه.

- وكما سبق أن ذكرنا أن شريطى لولب DNA المزدوج متوازيان عكسياً ، أى أن أحدهما فى الاتجاه ´3 ⟵ ´5 بينما الشريط المتزاوج معه يتوجه فى الاتجاه المعاكس أى فى الاتجاه ´5 ⟵ ´3 .

- عندما يعمل إنزيم اللولب على فصل شريطى جزىء DNA يتم ذلك فى إتجاه ´3 لأحد الشريطين والنهاية ´5 للشريط الآخر (´3 ⟵ ´5)

- وبالنسبة للشريط القالب ´3 ⟵ ´5 لا توجد مشكلة فى عملية التضاعف لهذا الشريط ، حيث أن إنزيم البلمرة يتبع مباشرة إنزيم اللولب مضيفاً نيوكليوتيدات جديدة إلى النهاية ´3 عند الشريط الجديد مكوناً شريط جديد فى الإتجاه (´5 ⟵ ´3) ويسمى الشريط القائد (المتقدم) Leading strand ، إلا أن ذلك لا يحدث

بالنسبة للشريط الآخر المعاكس (´5 ⟵ ´3) وذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل فى الإتجاه (´3 ⟵ ´5) على الشريط الجديد .

- لذا فإن هذا الشريط يتم بناؤه على هيئة قطع صغيرة فى الإتجاه (´5 ⟵ ´3) تسمى قطع أوكازاكى (Okazaki fragments) ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها البعض بواسطة إنزيم الربط (DNA Ligase) مكونة الشريط المتأخر (Lagging strand) (شكل ٦).

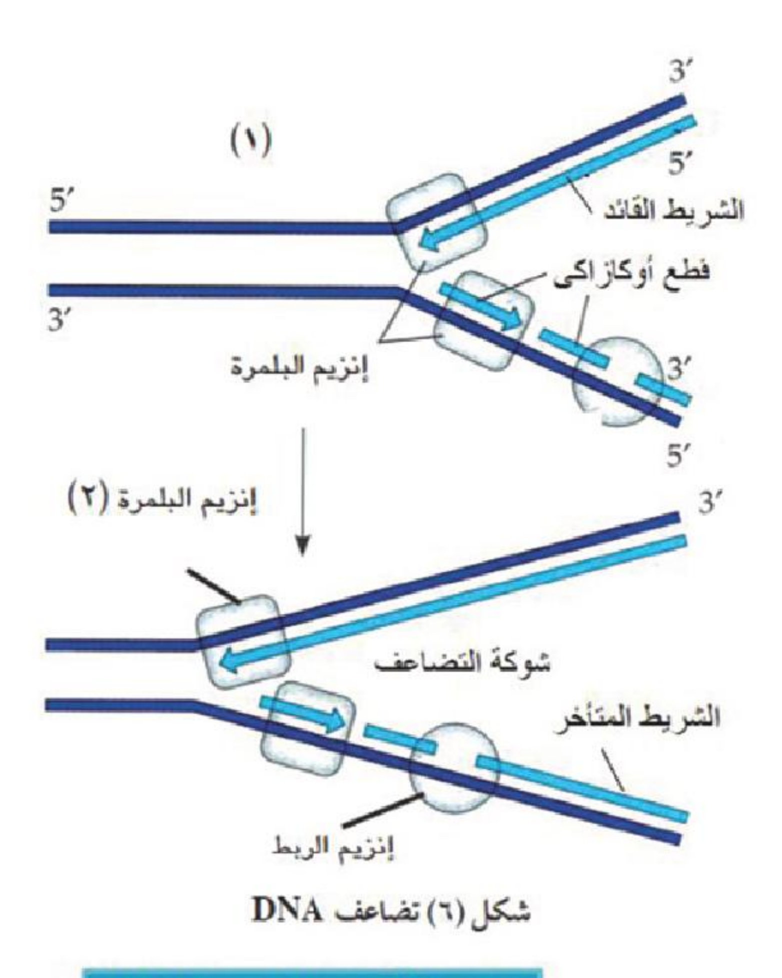
ومن المعلوم أن إنزيم DNA بوليميريز لا يمكنه أن يبدأ وحده العمل على الشريط الجديد ولكنه يحتاج إلى انزيم آخر ويعرف باسم البرايميز Primase الذي يقوم بعمل تتابعات قصيرة من RNA يعرف كل منها باسم البادئ Primers ترتبط بالشريط القالب ثم يقوم انزيم البوليميريز بإضافة نيوكليوتيدات إليها .

وبعد أن يتم نسخ الشريطين الجديدين يتم إزالة هذه البوادئ بواسطة نوع من انزيم البوليميريز وإضافة نيوكليوتيدات DNA بدلا منها

- ينتظم DNA فى حقيقيات النواة فى صورة صبغيات حيث يحتوى كل صبغى على جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الاخر . ويبدأ نسخ DNA عند مئات أو آلاف النقاط على امتداد الجزيء .

أما فى أوليات النواة فإن جزىء DNA يوجد على شكل لولب مزدوج إلا أن نهاياته تلتحم بعضها مع بعض . وهذا الجزىء يتصل بالغشاء البلازمى للخلية عند نقطة واحدة يبدأ عندها نسخ جزىء DNA.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



شكل (٦) تضاعف DNA

إصلاح عيوب DNA

كل المركبات البيولوجية التى توجد على شكل بوليمرات (مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة كالنشا والبروتين ، والأحماض النووية) معرضة للتلف من حرارة الجسم ومن البيئة المائية فى داخل الخلية ولايشذ DNA عن ذلك، حيث يقدر أن حوالى ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) تفقد كل يوم من DNA الموجود فى الخلية البشرية . وذلك لأن الحرارة تعمل على كسر الروابط التساهمية التى تربط السكريات الخماسية . وبالإضافة إلى ذلك فإن DNA يمكن أن يتلف بالعديد من المركبات الكيميائية ، وكذلك بالإشعاع، وأى تلف فى جزىء DNA يمكن أن يحدث تغييرًا فى المعلومات الموجودة به، مما قد ينتج عنه تغيرات خطيرة فى بروتينات الخلية .

ومع ذلك ورغم أن هناك آلاف التغيرات التى تحدث لجزىء DNA كل يوم ، إلا أنه لا يستمر فى DNA الخلية من هذه التغيرات كل عام إلا تغيران أو ثلاثة تكون لها صفة الدوام، أما الغالبية العظمى من التغيرات فتزال بكفاءة عالية نتيجة لنشاط مجموعة من ٢٠ إنزيمًا تعمل على إصلاح عيوب DNA يطلق عليها إنزيمات الربط (DNA ligases)التى تعمل فى تناغم لتعرف المنطقة التالفة من جزىء DNA وإصلاحها حيث

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



تستبدلها بنيوكليوتيدات تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل فى الجزء التالف .

ويعتمد إصلاح خلل DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل من شريطى اللولب المزدوج ، وطالما ظل أحد هذين الشريطين دون تلف تستطيع تلك الإنزيمات أن تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وعلى ذلك فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث فى الشريطين فى نفس الموقع وفى ذات الوقت ، لكن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على صورة شريط مفرد من RNA ، ولذلك يظهر بها معدل مرتفع من التغير الوراثى الذى ينشأ عن تلف فى شريط RNA ، وعلى ذلك فاللولب المزدوج يعتبر حيويًا للثبات الوراثى للكائنات الحية التى يوجد بها .

DNA فى أوليات النواة

سبق أن ذكرنا أن DNA فى أوليات النواة يوجد على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معاً ، فإذا تصورنا أنه أمكن فرد DNA الخاص ببكتيريا إيشيريشيا كولاى (Escherichia coli) على شكل خط مستقيم لوصل طوله إلى ١.٤ مم ، بينما طول الخلية البكتيرية نفسها لا يصل إلا إلى حوالى ٢ ميكرون ، ويلتف جزىء DNA البكتيرى الدائرى على نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالى ٠.١ من حجم الخلية ، ويتصل هذا الجزىء بالغشاء البلازمى للخلية في نقطة واحدة يبدأ عندها تضاعف DNA (شكل ٧)

وبالإضافة إلى ما سبق، فإن بعض البكتيريا تحتوى على واحدة أو أكثر من جزيئات DNA الصغيرة الدائرية يطلق عليها اسم بلازميدات Plasmids .

وتضاعف الخلايا البكتيرية البلازميدات الموجودة بها فى نفس الوقت الذى تضاعف فيه DNA الرئيسى بها.

وجزيئات DNA التى توجد فى الميتوكوندريا وفى البلاستيدات الخضراء (عضيات حقيقيات النواة) تشبه تلك الموجودة فى أوليات النواة ، كما ثبت وجود البلازميدات فى خلايا الخميرة (من حقيقيات النواة) وهى كلها جزيئات دائرية من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها .



شكل (٧) صورة DNA بالمجهر الإلكترونى فى أوليات النواة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تكاثف DNA في حقيقيات النواة

تظهر الصبغيات فى خلايا حقيقيات النواة أثناء انقسامها ، ويعتقد أن كل صبغى يدخل فى تركيبه جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر إلا أنه يلتف ويطوى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونا ما يسمى بالكروماتين (Chromatin) والذى يحتوى عادة على كمية متساوية من كل من البروتين و DNA وتقسم البروتينات التى تدخل فى تركيب الصبغيات إلى بروتينات هستونية (histone) وغير هستونية (nonhistone) والبروتينات الهستونية مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة والتى تحتوى على قدر كبير من الحمضين القاعديين أرجنين(Arginine) وليسين (Lysine) ، وتحمل المجموعة الجانبية (R) لهذين الحمضين الأمينيين عند الأس الهيدروجينى pH العادى للخلية شحنات موجبة ، وعلى ذلك فهى ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات الموجودة فى جزىء DNA والتى تحتوى على شحنات سالبة ، وتوجد الهستونات بكميات ضخمة فى كروماتين أى خلية .

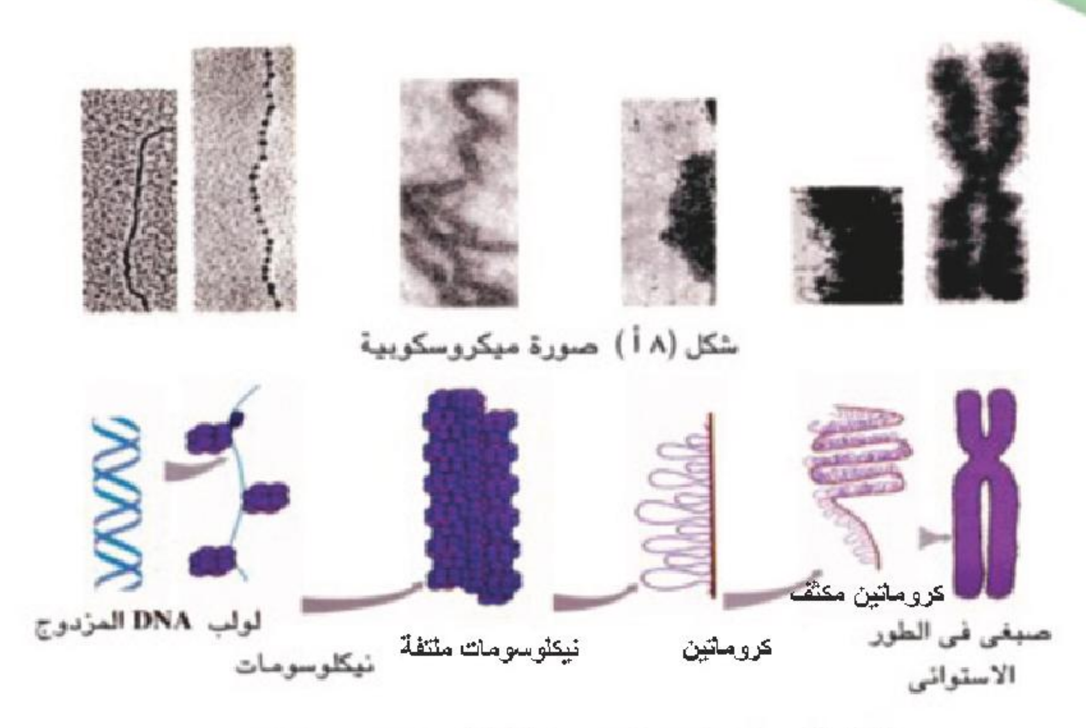
والبروتينات غير الهستونية مجموعة غير متجانسة من البروتينات ، وذات وظائف عديدة مختلفة فهى تشمل بعض البروتينات التركيبية (أى التى تدخل فى بناء تراكيب محددة) التى تلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى لجزىء DNA فى داخل النواة ، كما تشمل بعض البروتينات التنظيمية التى تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم فى بناء RNA والبروتينات أم لا.

تحتوى الخلية الجسدية للإنسان على ٤٦ صبغى، فإذا تصورنا أنه أمكن فك اللولب المزدوج لجزىء DNA فى كل صبغى ووضعت هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها إلى ٢ متر ، والهستونات وغيرها من البروتينات هى المسئولة عن ضم هذه الجزيئات الطويلة لتقع فى حيز نواة الخلية والتى يتراوح قطرها من ٢ - ٣ ميكرون.

ولقد أوضح التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكترونى أن جزىء DNA فى الصبغى يلتف حول مجموعات من الهستون مكوناً حلقات من النيوكليوسومات (nucleosomes) (شكل ٨) مما يؤدى إلى تقصير طول جزىء DNA عشر مرات ، إلا أنه يتعين أن يضم الجزىء ويقصر حوالى ١٠٠،٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواه، ولهذا فأن النيوكلوسومات تلتف على شكل لفات لتكون النيوكلوسومات الملتفه والتى تنضغط مرة أخرى على شكل حلقات يتم تثبيتها فى مكانها بواسطه بروتينات تركيبيه غير هستونيه لتكون الكروماتين والذى ينضغط او يلتف لتكوين الكروماتين المكدس أو المكثف الذى يشكل بدوره الكروماتيد أو الكروموسوم ، وعندما يكون جزيء DNA على هذه الحالة لا تستطيع الإنزيمات أن تصل إليه، ويتعين فك هذا الالتفاف والتكدس على الأقل إلى مستوى شريط النيوكلوسومات قبل أن يعمل DNA كقالب لبناء DNA أو RNA .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK





شكل (٨ أ) صورة ميكروسكوبية

شكل (٨ ب) خطوات تكثيف الـ DNA فى حقيقيات النواة

المحتوى الجينى

يطلق على كل الجينات وبالتالى كل DNA الموجود فى الخلية إسم المحتوى الجينى(Genome) لهذا الفرد.

والعديد من الجينات يحمل التعليمات اللازمة لبناء البروتين، والبعض الآخر يحمل التعليمات اللازمة لتتابع النيوكليوتيدات فى جزىء r RNA الريبوسومى والذى يدخل فى بناء الريبوسومات وفى t RNA الذى يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين.

فى أوليات النواة تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجينى . أما فى حقيقيات النواة فإن نسبة ضئيلة جداً من DNA تحمل التعليمات أو الشفرة الوراثية اللازمة لبناء البروتين،أما النسبة الباقية فهى عبارة عن أجزاء DNA لا تحمل شفرة لنسخ RNA أو لبناء البروتينات.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

DNA المتكرر:

توجد معظم جينات المحتوى الجينى فى الخلية بنسخة واحدة عادة ، إلا أن كل خلايا حقيقيات النواة تحمل عادة المئات من نسخ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومى والهستونات التى تحتاجها الخلية بكميات كبيرة، ومن المنطقى أن نفرض أن وجود العديد من نسخ هذه الجينات يسرع من إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات .

أجزاء أخرى من DNA ليست بها شفرة:

بالإضافة إلى الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات ، فإن المحتوى الجينى لحقيقيات النواة يحتوى على كمية أخرى كبيرة من DNA لا تمثل شفرة ، فحتى قبل معرفة الطريقة التى يمكن بها دراسة تتابعات النيوكليوتيدات فى DNA لاحظ علماء الوراثة أن كمية DNA فى المحتوى الجينى ليست لها علاقة بمقدار تعقد الكائن الحى ، أو عدد البروتينات التى يكونها ، ومن الواضح أن كمية صغيرة فقط من DNA فى كل من النبات والحيوان هى التى تحمل شفرة بناء البروتينات ، وعلى سبيل المثال وجد أن أكبر محتوى جينى يوجد فى نوع من السلمندر حيث تحتوى خلاياه على كمية من DNA تعادل ٣٠ مرة قدر الكمية الموجودة فى الخلايا البشرية مع أن هذا الحيوان تكون خلاياه بدون شك كمية أقل من البروتين .

وربما كان بعض DNA الذى ليست له شفرة يعمل على أن تحتفظ الصبغيات بتركيبها ، كما اتضح أن بعض مناطق DNA تمثل إشارات إلى الأماكن التى يجب أن يبدأ عندها بناء (m- RNA) وتعرف هذه المناطق باسم المحفز **Promoter** والموجود في بداية كل جين .

الطفرات Mutations

يمكن تعريف الطفرة بأنها تغير فى طبيعة العوامل الوراثية المتحكمة فى صفات معينة، مما قد ينتج عنه تغيير هذه الصفات فى الكائن الحى ، وتعتبر الطفرة حقيقية إذا ظلت متوارثة على مدى الأجيال المختلفة ويجب التمييز بين الطفرة التى تحدث نتيجة لتغير تركيب العامل الوراثى وبين التغيير الذى ينجم عن تأثير البيئة أو عن انعزال الجينات وإعادة اتحادها . وتؤدى أغلب الطفرات إلى ظهور صفات غير مرغوب فيها مثل بعض التشوهات الخلقية فى الإنسان ، وقد تؤدى الطفرة فى النبات إلى العقم مما ينتج عنه

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



نقص فى محصول النبات .

وما ندر من الطفرات يؤدى إلى تغيرات مرغوب فيها لدرجة أن الإنسان يحاول بالطرق العلمية استحداثها ، ومن أمثلة ذلك طفرة حدثت فى قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكى ، فقد لاحظ ظهور خروف فى قطيعه ذى أرجل قصيرة مقوسة ،واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث إن هذا الخروف لم يستطع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة ، وقد اعتنى بتربية هذه الطفرة حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم أنكن Ancon ، ومن أمثلة الطفرات المرغوب فيها تلك التى يستحدثها الإنسان فى نباتات المحاصيل لزيادة إنتاجها .

أنواع الطفرات :

تقسم الطفرات إلى نوعين رئيسيين هما :

١ - الطفرات الجينية :

وتحدث نتيجة لتغير كيميائى فى تركيب الجين ، وعلى وجه التحديد فى ترتيب القواعد النيتروجينية فى جزىء DNA ، مما يؤدى فى النهاية إلى تكوين بروتين مختلف يظهر صفة جديدة ، ويصحب هذا التغيير فى التركيب الكيميائى للجين تحوله غالبا من الصورة السائدة إلى المتنحية ، وقد يحدث العكس فى حالات نادرة . وقد تحدث الطفرات الجينية عن طريق تبديل او حذف أو إضافة نيوكليوتيدات للجين.

٢ - الطفرات الصبغية :

وتحدث هذه الطفرات بطريقتين :

(أ) التغير فى عدد الصبغيات : ويعنى ذلك نقص أوزيادة صبغى أو أكثر عند تكوين الأمشاج بالإنقسام الميوزى حيث تحتوى الخلايا الجسدية على صبغى واحد زائد كما فى حالة كلاينفلتر (44 + xxy) أو تحتوى الخلايا الجسدية على صبغى واحد ناقص كما فى حالة تيرنر (44 + xo) . وقد يتضاعف عدد الصبغيات فى الخلية

نتيجة لعدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير أو عدم تكوين الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين فينتج التضاعف الصبغى (Polyploidy)وهذه الظاهرة قد تحدث فى أى كائن ، لكنها تشيع فى النبات ، فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة يتم فيها ذلك التعدد الصبغى (٣ن،٤ن، ٦ن، ٨ن حتى ١٦ ن) ، وذلك عندما تتضاعف الصبغيات فى الأمشاج ، وينتج عنها أفراد لها صفات جديدة نظرا لأن كل جين يكون ممثلا بعدد أكبر ، فيكون تأثيرها أكثر وضوحاً فيكون النبات أطول وتكون أعضاؤه بالتالى أكبر حجماً وبخاصة الأزهار والثمار . وتوجد حاليا كثير من المحاصيل والفواكه ذات التعدد الرباعى (٤ ن) ، ومنها القطن والقمح والتفاح والعنب والكمثرى والفراولة وغيرها .

وفى الحيوان تقل هذه الظاهرة، ذلك لأن تحديد الجنس فى الحيوانات يقتضى وجود توازن دقيق بين

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

عدد كل من الصبغيات الجسمية والجنسية، لذا يقتصر وجودها على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان والتى ليست لديها مشكلة فى تحديد الجنس، وفى الإنسان وجد أن التضاعف الثلاثى مميت ويسبب إجهاضا للأجنة.

(ب) التغير فى تركيب الصبغيات: يتغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى عندما تنفصل قطعة من الصبغى أثناء الأنقسام، وتلف حول نفسها بمقدار ١٨٠°، ثم يعاد التحامها فى الوضع المقلوب على نفس الصبغى. كما قد يتبادل صبغيان غير متماثلين أجزاء بينهما، أو يزيد أو ينقص جزء صغير من الصبغى.

وجميع هذه الطفرات لو حدثت في الخلايا التناسلية فإن الجنين الناتج تظهر عليه الصفات الجديدة، ويعرف هذا النوع بالطفرات المشيجية (gamete mutation)، وهى تورث فى الكائنات الحية التى تتكاثر تزاوجيًا، كما قد تحدث الطفرة فى الخلايا الجسمية، فتظهر أعراض مفاجئة على العضو الذى تحدث فى خلاياه الطفرة، ويعرف هذا النوع بالطفرة الجسمية ومعروف أنها أكثر شيوعًا فى النباتات التى تتكاثر خضريًا، حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادى يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وزرعه وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوبًا فيها.

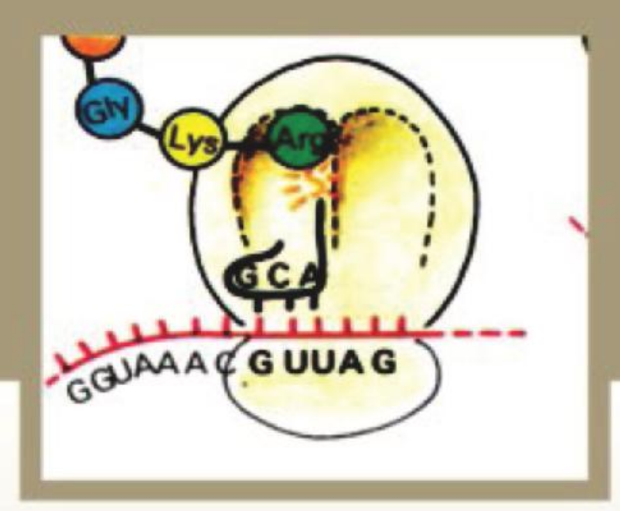
منشأ الطفرة:

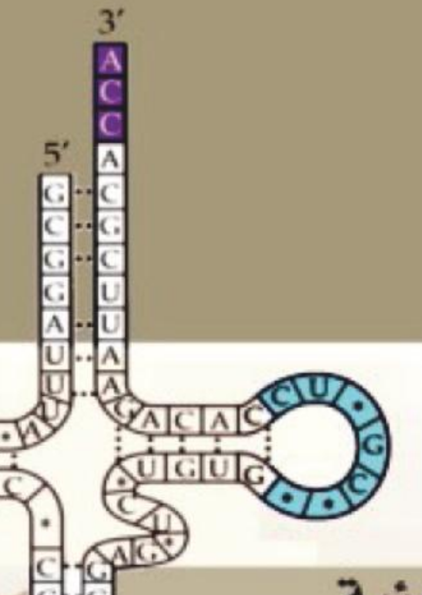
الطفرة قد تكون تلقائية أو مستحدثة، وتنشأ الطفرة التلقائية دون تدخل الإنسان، ونسبتها ضئيلة جدًا فى شتى الكائنات الحية، ويرجع سبب حدوث الطفرة التلقائية إلى تأثيرات بيئية تحيط بالكائن الحى، كالأشعة فوق البنفسجية والأشعة الكونية، هذا بالإضافة إلى المركبات الكيميائية المختلفة التى يتعرض لها الكائن الحى. وتلعب الطفرات التلقائية دورًا هامًا فى عملية تطور الأحياء.

أما الطفرات المستحدثة فهى تلك التى يستحدثها الإنسان ليحدث تغييرات مرغوبة فى صفات كائنات معينة، ويستخدم الإنسان فى ذلك العوامل الموجودة فى الطبيعة لهذا الغرض مثل أشعة أكس وأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية، كما قد يستخدم الإنسان بعض المواد الكيميائية كغاز الخردل mustard gas) مادة الكولشيسين (Colchicine)وحامض النيتروز وغيرها. وتنتج عن هذه المعالجة فى النبات ضمور خلايا القمة النامية وموتها لتتجدد تحتها أنسجة جديدة، تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

وأغلب الطفرات المستحدثة تحمل صفات غير مرغوبة، غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع، ومن أمثلتها تلك التى تؤدى إلى تكوين أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة، وطعم حلو المذاق وخالية من البذور، كما أمكن كذلك إنتاج طفرات لكائنات دقيقة كالبنسليوم لها قدرة على إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK





البيولوجية الجزيئية

الفصل الثانى

الأحماض النووية وتخليق البروتين

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرًا على أن :

- يتعرف أنواع البروتينات .
- يتعرف تركيب الحمض النووى RNA.
- يقارن بين أنواع الحمض النووى RNA الثلاثة (الريبوسومى - الناقل - الرسول).
- يتعرف الشفرة الوراثية .
- يتعرف خطوات تخليق البروتين .
- يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة .
- يتعرف مفهوم الجينوم البشرى وأهمية ذلك فى مجال صناعة العقاقير .
- يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية ودورها فى تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تركيب وتخليق البروتين :

يوجد فى الأنظمة الحية آلاف الأنواع من المركبات البروتينية التى يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما :

١ - البروتينات التركيبية :(Structural Proteins)

هى البروتينات التى تدخل فى تراكيب محددة فى الكائن الحى مثل الأكتين والميوسين اللذين يدخلان فى تركيب العضلات والكولاجين الذى يدخل فى تركيب الأنسجة الضامة .

والكيراتين الذى يكون الأغطية الواقية كالجلد والشعر والحوافر والقرون والريش وغيرها.

٢ - البروتينات التنظيمية :(Regulatory Proteins)

هى البروتينات التى تنظم العديد من عمليات وأنشطة الكائن الحى . وهى تشمل الإنزيمات التى تنشط التفاعلات الكيميائية بالكائنات الحية والأجسام المضادة التى تعطى الجسم مناعة ضد الأجسام الغريبة والهرمونات وغير ذلك من المواد التى تمكن الكائنات الحية من الاستجابة للتغير المستمر فى البيئة الداخلية والخارجية .

وهناك خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات التى توجد فى الأنظمة الحية . فهناك عشرون نوعًا من الوحدات البنائية للبروتين هى الأحماض الأمينية . وللأحماض الأمينية العشرين تركيب أساسى واحد حيث يحتوى كل حمض أمينى على مجموعة كربوكسيلية (COOH) ومجموعة أمينية (NH_2) يرتبطان بأول ذرة كربون . كما توجد ذرة هيدروجين تعتبر المجموعة الثالثة التى ترتبط بنفس ذرة الكربون . وفيما عدا الحمض الأمينى جلايسين (Glycine) الذى يحتوى على ذرة هيدروجين أخرى مرتبطة بذرة الكربون الأولى فإن الأحماض الأمينية التسعة عشرة الباقية تحتوى على مجموعة رابعة هى ألكيل (R) تختلف باختلاف الحمض الأمينى .

$$\begin{array}{c} \quad H \\ \quad | \\ R - C - COOH \\ \quad | \\ \quad NH_2 \end{array}$$

حمض أمينى

وترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض فى وجود الإنزيمات الخاصة فى تفاعل نازع للماء بروابط ببتيدية (Peptide Bonds) لتكوين بوليمر (Polymer) عديد الببتيد الذى يكون البروتين.

وتعزى الفروق بين البروتينات المختلفة إلى الفروق فى أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية فى البوليمرات . كما تعزى إلى عدد البوليمرات التى تدخل فى بناء البروتين بالإضافة إلى الروابط الهيدروجينية الضعيفة التى قد تعطى للجزىء شكله المميز . وعملية تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل العديد من الأنواع المختلفة من الجزيئات .

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الأحماض النووية الريبوزية (RNA s)

تشبه جزيئات RNA جزيء DNA فى أنها تتكون من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات . وتتكون كل نيوكليوتيدة من جزئ من سكر خماسى وقاعدة نيتروجينية ومجموعة من الفوسفات حيث ترتبط مجموعة الفوسفات الخاصة بنيوكليوتيدة معينة بذرة الكربون رقم ٣ فى النيوكليوتيدة السابق ليتكون هيكل سكر فوسفات للحمض النووى . إلا أن كل أنواع RNA تختلف عن DNA فيما يلى:

١ - يدخل فى تكوين RNA سكر الريبوز (ribose) بينما يدخل فى تكوين DNA سكر الديوكسى ريبوز (deoxyribose) الذى يحتوى على ذرة أكسجين أقل من سكر الريبوز ، ومن هنا كان الاسم Deoxyribonucleic acid

٢ - يتكون RNA من شريط مفرد من النيوكليوتيدات ، بينما يتكون DNA من شريط مزدوج أى يتكون من شريطين متكاملين من النيوكليوتيدات ، وإن كان RNA قد يكون مزدوج الشريط فى بعض أجزائه .

٣ - يختلف RNA عن DNA بالنسبة للقواعد النيتروجينية فى نيوكليوتيدات كل منهما ، ففى DNA يوجد الأدينين والجوانين والسيتوزين والثايمين ، بينما يحتوى RNA على الأدينين والجوانين والسيتوزين إلا أن اليوراسيل يوجد بدلا من الثايمين الذى يزدوج مع الأدينين .

وهناك ثلاثة أنواع من حمض RNA تسهم فى بناء البروتين .

وسنتعرض فيما يلى للأدوار التى يلعبها كل منها فى بناء البروتين :

١ - حمض RNA الرسول (mRNA):

تبدأ عملية نسخ DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-Polymerase) بتتابع للنيوكليوتيدات على DNA يسمى المحفز (Promoter) . بعد ذلك ينفصل شريطا DNA بعضهما عن بعض حيث يعمل احدهما كقالب لتكوين شريط متكامل من RNA، ويتحرك الانزيم على امتداد DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط RNA النامى واحد تلو الأخر . ويعمل الإنزيم فى اتجاه $3' \leftarrow 5'$ على قالب DNA مكونًا RNA فى اتجاه $5' \leftarrow 3'$ وتشبه هذه العملية تضاعف DNA مع فرق رئيسى واحد هو أنه عندما يتم تضاعف DNA فإن العملية لا تقف إلا بعد نسخ كل DNA فى الخلية ، أما فى حالة RNA فإنه يتم نسخ جزء فقط من DNA وحيث إن جزئ DNA مزدوج الشريط فمن الناحية النظرية يمكن لأى جزء منه أن ينسخ إلى جزءين مختلفين من RNA يتكامل كل منهما مع أحد الشريطين . إلا أن ما حدث فى الواقع هو أن شريطاً واحداً فقط من DNA هو الذى يتم نسخ قطعة منه . ويدل توجيه المحفز

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

على الشريط الذى سينسخ ، ويوجد فى أوليات النواة إنزيم واحد من RNA-polymerase هو الذى يقوم بنسخ الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة، أما فى حقيقات النواة فهناك إنزيم خاص بكل منها ،وما أن يتم بناء mRNA فى أوليات النواة حتى يصبح على استعداد لعملية الترجمة ، حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين بينما يكون الطرف الأخر للجزىء مازال فى مرحلة البناء على قالب DNA ، أما فى حقيقيات النواة فإنه يتعين بناء mRNA كاملاً فى النواة ثم انتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووى ليتم ترجمته إلى البروتين المقابل وعند بداية كل جزئ من mRNA يوجد موقع الارتباط بالريبوسوم وهو تتابع للنيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم بحيث يصبح أول كودون AUG متجها إلى أعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة وآخر كودون يسمى كودون الوقف ويكون واحد من ثلاثة كودونات هى UAA - UAG - UGA (شكل١).

أما عند الطرف الاخر mRNA فيوجد نهاية من عديد الأدينين (ذيل مكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين) ويظهر أن هذا الذيل يحمى mRNA من الانحلال بواسطة الانزيمات الموجودة فى السيتوبلازم .



شكل (١) رسم تخطيطى لجزىء mRNA يظهر به موقع الارتباط بالريبوسوم وذيل عديد الأدينين وكودون البدء

٢- حمض RNA الريبوسومى (rRNA) :

يدخل فى بناء الريبوسومات (عضيات بناء البروتين) عدة أنواع من RNA الريبوسومى وحوالى ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد ، ويتم بناء الريبوسومات فى حقيقيات النواة فى منطقة من النواة تسمى النوية يتم بها بناء الآلاف من الريبوسومات فى الساعة ، ومما يجعل هذا المعدل السريع ممكنا هو أن DNA فى خلايا حقيقيات النواة يحتوى على ما يزيد على ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومى التى ينسخ منها rRNA في النوية . وهناك أربعة أنواع مختلفة من rRNA تدخل مع البروتين فى بناء الريبوسومات .

ويتكون الريبوسوم الوظيفى من تحت وحدتين (Subunits). إحداهما كبيرة والأخرى أصغر ، وعندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما وتتحرك كل منهما بحرية ، وقد يرتبط كل منهما مع تحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى ، ويتم بناء بروتينات الريبوسومات فى السيتوبلازم ، ثم تنتقل عبر غشاء النواة إلى داخل النوية حيث يكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدات الريبوسوم .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

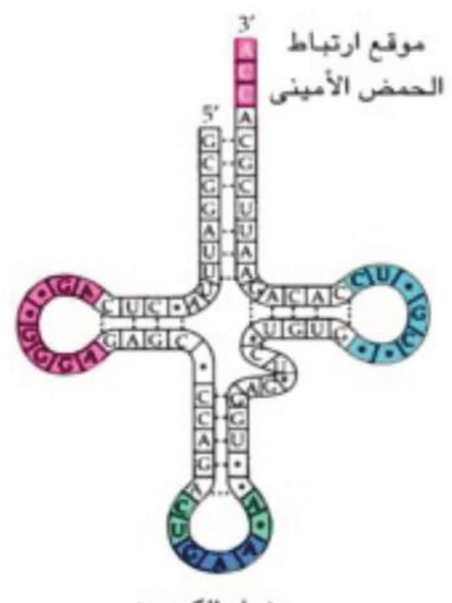
٣- حمض RNA الناقل (tRNA) :

والنوع الثالث من RNA الذى يشارك فى بناء البروتين هو tRNA الذى يحمل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات . ولكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف الحمض الأمينى وينقله (الأحماض الأمينية التى لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA)، وينسخ tRNA من جينات tRNA التى توجد على نفس الجزء من جزىء DNA

ولكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام (شكل ٢)، حيث تلتف أجزاء من الجزىء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بإزدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء .

- يوجد موقعان على جزىء tRNA لهما دور فى بناء البروتين، الموقع الأول هو الذى يتحد فيه الجزىء بالحمض الأميني الخاص به، ويتكون هذا الموقع من ثلاث قواعد CCA عند الطرف 3َ من الجزىء.

والموقع الآخر هو مقابل الكودون الذى تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA و mRNA يسمح للحمض الأمينى المحمول على tRNA أن يدخل فى سلسلة عديد الببتيد فى المكان المحدد .



شكل (٢) الشكل العام لجزىء حمض RNA الناقل

الشفرة الوراثية The Genetic code

الشفرة الوراثية هى تتابع النيوكليوتيدات فى ثلاثيات على mRNA والتى تم نسخها من أحد شريطى DNA وينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد الذى يكون بروتينًا معينًا . والسؤال الآن : ماهو عدد النيوكليوتيدات المسئولة عن اختيار جزيئات tRNA الخاصة بكل حمض أمينى ؟

من المعروف أن هناك عشرين حمضاً أمينيا مختلفاً تدخل فى بناء البروتينات وأن هناك أربع نيوكليوتيدات فقط تدخل فى بناء كل من DNA و RNA وعلى ذلك ، " فاللغة " الوراثية تحتوى على أربع " حروف أبجدية " ، وهذه الحروف الأربعة من النيوكليوتيدات يجب أن تشكل عشرين كلمة " تدل كل منها على حمض أمينى معين ، ولا يمكن أن تتكون كل كلمة من حرف واحد لأن ذلك يعنى وجود أربع كلمات فقط على

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



صورة شفرة هى A,G,C,U والبروتينات بذلك تحتوى على أربعة أحماض أمينية فقط وبالمثل فإن الكلمات لا يمكن أن تتكون من جزءين اثنين فقط (نيوكليوتيدتين) وذلك لأن الحروف الأربعة إذا رتبت فى كل الاحتمالات الممكنة لاثنين معا تعطى $٤^٢$ =١٦ كلمة شفرة Codon مختلفة ، مازال غير كاف للعشرين حمضاً أمينيًا التى تدخل فى بناء البروتين ، أما إذا رتبت الأربعة حروف (نيوكليوتيدات) على شكل ثلاثيات فإنها ستنتج $٤^٣$ = ٦٤ كلمة شفرة وهذا أكثر من الحاجة لتكوين كلمة شفرة لكل حمض أمينى ، وعلى ذلك فأصغر حجم نظرى لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات .

وما إن حل عام ١٩٦٠ حتى توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية ، إلا أن الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أمينى والتى يطلق عليها اسم كودونات قد تم الوصول إليه فى عام ١٩٦٥ ، وبعض هذه الكودونات موجودة فى جدول (رقم ١) مع ملاحظة أن الكودونات فى هذا الجدول هى التى توجد فى mRNA ، أما ثلاثيات شفرة DNA فهى النيوكليوتيدات التى تتكامل قواعدها مع تلك الموجودة فى الجدول ، كما يتضح من الجدول أن هناك أكثر من شفرة لكل حمض أمينى ، كما أن هناك كودونا لبدء تخليق البروتين (AUG) وثلاثة كودونات (UGA,UAA,UAG)توقف بناء البروتين أى أنها تعطى إشارة عن النقطة التى يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين وتنتهى سلسلة عديد الببتيد .

والشفرة الوراثية عالمية أو عامة (Universal) بمعنى أن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية فى كل الكائنات الحية من الفيروسات إلى البكتيريا والفطريات والنباتات والحيوانات التى تمت دراستها حتى الآن . وهذا دليل قوى على أن كل الكائنات الحية الموجودة الآن على وجه الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

	Second letter: U	C	A	G	
First letter: U	UUU Phe UUC Phe UUA Leu UUG Leu	UCU Ser UCC Ser UCA Ser UCG Ser	UAU Tyr UAC Tyr **UAA Stop** **UAG Stop**	UGU Cys UGC Cys **UGA Stop** UGG Trp	U C A G
C	CUU Leu CUC Leu CUA Leu CUG Leu	CCU Pro CCC Pro CCA Pro CCG Pro	CAU His CAC His CAA Gln CAG Gln	CGU Arg CGC Arg CGA Arg CGG Arg	U C A G
A	AUU Ile AUC Ile AUA Ile AUG Met	ACU Thr ACC Thr ACA Thr ACG Thr	AAU Asn AAC Asn AAA Lys AAG Lys	AGU Ser AGC Ser AGA Arg AGG Arg	U C A G
G	GUU Val GUC Val GUA Val GUG Val	GCU Ala GCC Ala GCA Ala GCG Ala	GAU Asp GAC Asp GAA Glu GAG Glu	GGU Gly GGC Gly GGA Gly GGG Gly	U C A G

(Third letter: right-hand column)

جدول الشفرات (جدول رقم ١) للإطلاع فقط

تخليق البروتين Protein Synthesis

يبدأ تخليق البروتين عندما ترتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة (Sub unit) بجزيء mRNA الذى أول كودون به هو AUG والموجود عند الطرف '5 . ثم تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزيء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الحمض الأمينى ميثيونين (Methionine) أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد التى ستبنى ، ثم ترتبط تحت وحدة ريبوسوم كبيرة بالمركب السابق (شكل ٣)

ويوجد على الريبوسوم موقعان أساسيان يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA .

ونتيجة للأحداث السابقة فإن كودون البدء AUG يكون عند أحد هذين الموقعين الذى يطلق عليه موقع الببتيديل (P) أما الموقع الاخر فيطلق عليه موقع أمينو أسيل (A) (amino-AcylA)، وتبدأ سلسلة عديد الببتيد فى الاستطالة فى دورة تتكون من ثلاث خطوات ،

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

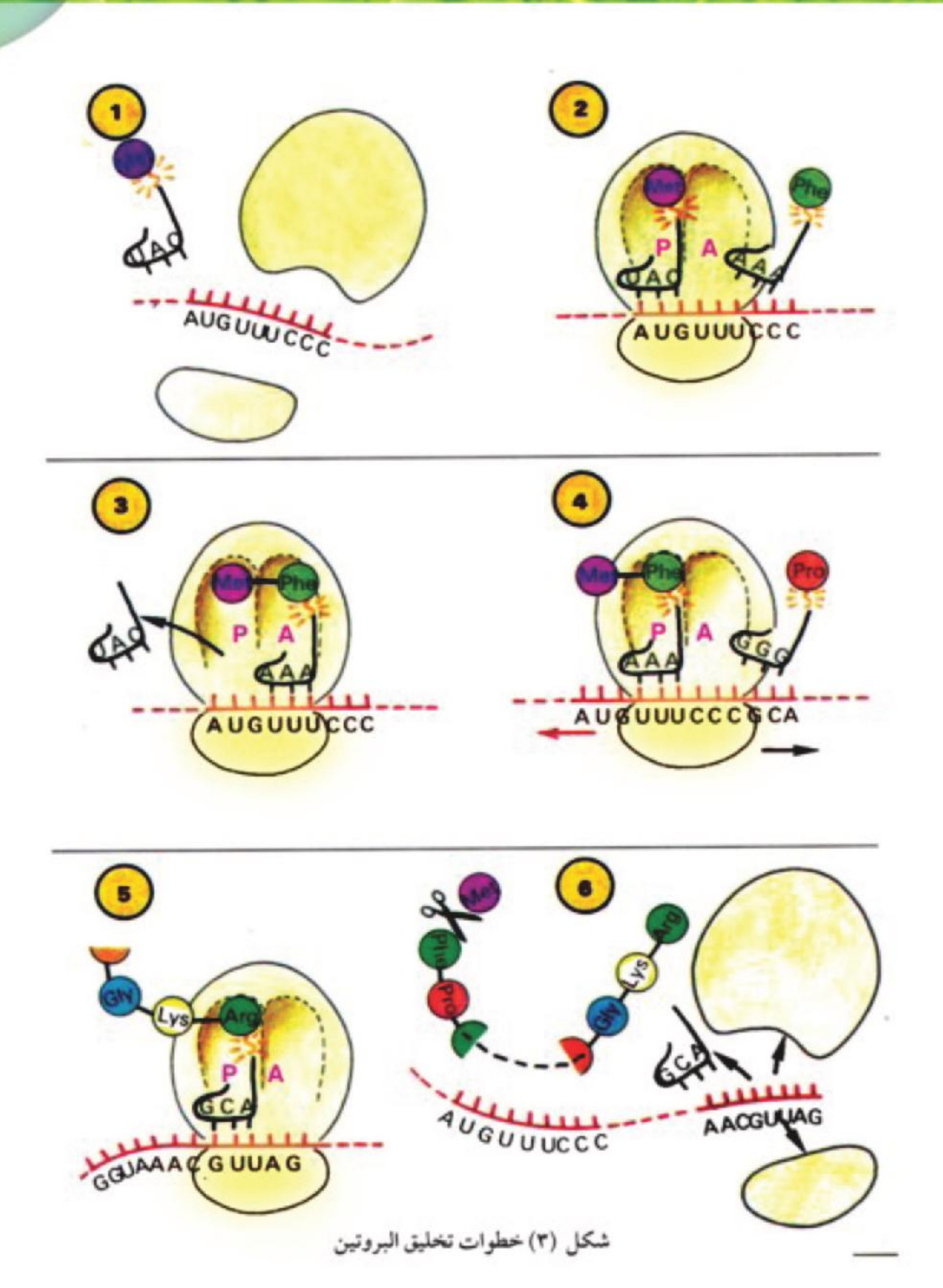
١ - يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالى على جزئ mRNA ، وبالتالى يصبح الحمض الأمينى الذى يحمله هذا الجزىء tRNA الحمض الأمينى التالى فى سلسلة عديد الببتيد.

٢ - حدوث تفاعل نقل الببتيديل (Peptidyl transferase reaction) الذى ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية ، والإنزيم الذى ينشط هذا التفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهذا الإنزيم يربط الحمض الأمينى الأول بالثانى برابطة ببتيدية، ونتيجة لذلك يصبح tRNA عند موقع P فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونينا آخر، أما tRNA الثانى فيحمل الحمضين الأمينين معًا.

٣ - يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA ، وهذه العملية تأتى بالكودون التالى إلى الموقع A على الريبوسوم ، ثم تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون على tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأمينى الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع A ، وترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأمينى الجديد القادم على هذا الجزىء من tRNA الثالث ، ثم يتكرر التتابع .

وتقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA وهناك بروتين يسمى عامل الإطلاق (Release Factor) يرتبط بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA ، وتنفصل وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض ، وما أن يبرز الطرف (´5) لجزئ mRNA من الريبوسوم حتى يرتبط تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى تبدأ بدورها بناء بروتين ، وعادة ما يتصل بجزىء mRNA عدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ، ويطلق عليه عندئذ عديد الريبوسوم (Polyribosome or polysome)

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



شكل (٣) خطوات تخليق البروتين

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التكنولوجيا الجزيئية
Molecular Technology

بعد التقدم فى معرفة تركيب الجين وكيفية تخليق البروتين ، أصبح من الممكن الآن عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه فى داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرية ، كما يمكننا أن نحلل هذه النسخ لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فى هذا الجين ، كما يمكننا إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة ، ومعرفتنا عن تتابع النيوكليوتيدات فى الجين تمكننا من معرفة تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين المقابل ، ولقد أمكن فى حالات كثيرة نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية وأخرى حيوانية .

ولقد أصبح الآن من الممكن بناء جزيئات DNA حسب الطلب، ففى عام ١٩٧٩ تمكن خورانا (Khorana) من إنتاج جين صناعى وأدخله إلى داخل خلية بكتيرية ، ويوجد الآن فى العديد من المعامل أجهزة يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذى نرغب فيه .

والإنجازات السابقة هى نتاج التكنولوجيا الجزيئية والتى تعرف بالهندسة الوراثية (Genetic Engneering) وسنتناولها فيما يلى .

تقنيات التكنولوجيا الجزيئية :

تهجين الحمض النووى :

- عند رفع درجة حرارة جزىء DNA إلى ١٠٠°م تتكسر الروابط الهيدروجينية التى تربط القواعد المتزاوجة فى شريطى اللولب المزدوج ، ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين .
- وعند خفض درجة حرارة DNA فإن الأشرطة المفردة تميل إلى الوصول إلى حالة الثبات عن طريق تزاوج كل شريط مع شريط آخر لتكوين لولب مزدوج مرة أخرى ، وأى شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بهما تتابعات ولو قصيرة من القواعد المتكاملة .
- تتوقف شدة التصاق الشريطين على درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية ، ويمكن قياس شدة الالتصاق بين شريطى النيوكليوتيدات بمقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين مرة أخرى ، فكلما كانت شدة التصاق الشريطين كبيرة زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

ويمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـ DNA أو RNA على الالتصاق طويلا فى إنتاج لولب مزدوج هجين (أو خليط)، وذلك بمزج الأحماض النووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثلاً) ثم رفع درجة الحرارة إلى ١٠٠ ٥م . فعندما يسمح للخليط أن يبرد فإن بعض اللوالب المزدوجة الأصلية تتكون . وسيتكون فى نفس الوقت عدد من اللوالب المزدوجة الهجين يتكون كل منهما من شريط من كلا المصدرين .

استخدامات DNA المهجن :

١- يستخدم تهجين DNA فى الكشف عن وجود جين معين داخل محتواه الجينى وكميته حيث يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة . وتستخدم النظائر المشعة فى تحضير هذا الشريط حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك . ثم يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة ويستدل على تركيز الجين فى الخليط بالكمية التى تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة .

٢- يستخدم تهجين DNA فى تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة . فكلما كانت العلاقات التطورية أقرب بين نوعين كلما تشابه تتابع نيوكليوتيدات DNA بهما وزادت درجة التهجين بينهما .

إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

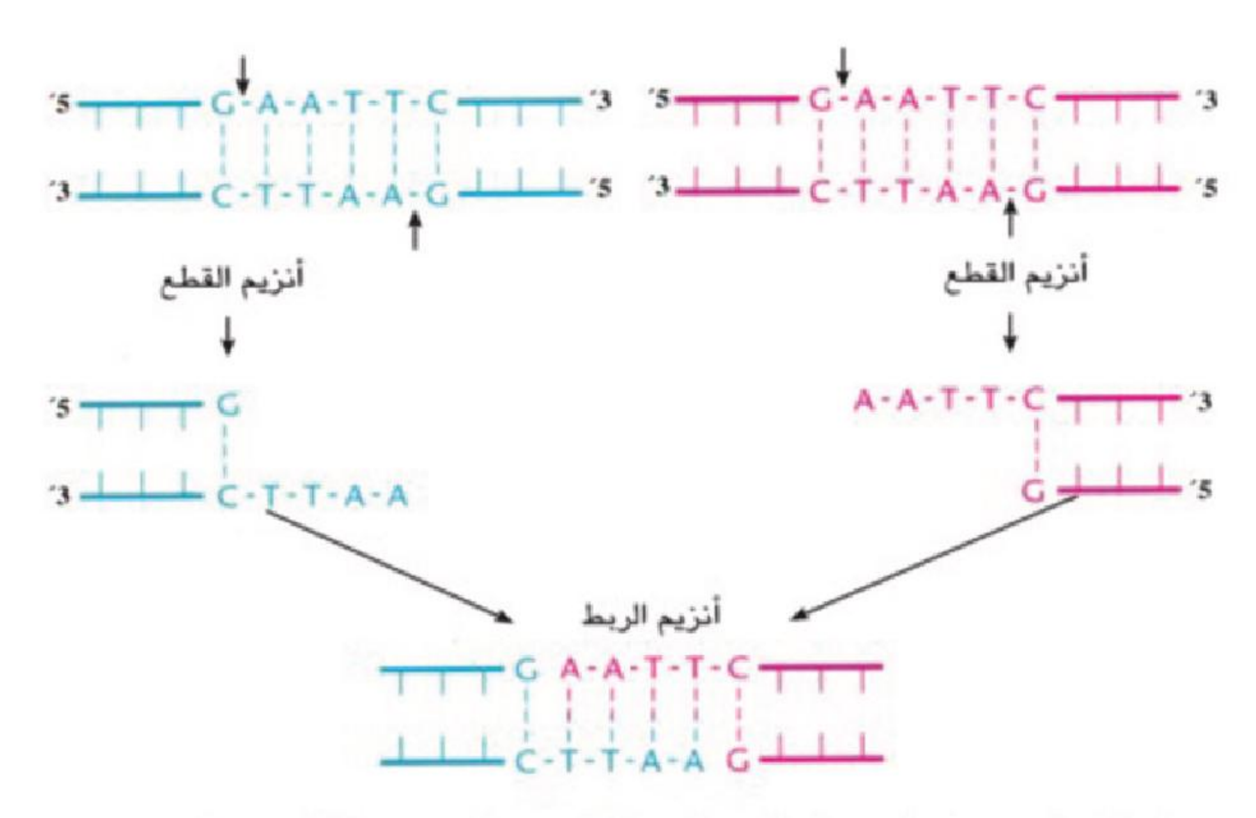
كان من المعروف أن الفيروسات التى تنمو فى داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى . وفى السبعينيات أرجع الباحثون ذلك إلى أن هذه السلالات المقاومة من البكتيريا تكون إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزئ DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وقد أطلق على هذه الإنزيمات اسم إنزيمات القصر .

والسؤال الآن ، لماذا لا تهاجم هذه الإنزيمات DNA الخاص بالخلية البكتيرية ؟

لقد وجد أن البكتيريا لكى تحافظ على DNA الخاص بها فإنها تكون إنزيمات معدلة . حيث تضاف مجموعة ميثيل CH_3 إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيرى مقاومًا لفعل هذا الإنزيم .

ولقد اتضح أن انزيمات القصر منتشرة فى الكائنات الدقيقة . كما تم فصل مايزيد على ٢٥٠ إنزيمًا من سلالات بكتيرية مختلفة، وكل إنزيم من هذه الإنزيمات يتعرف على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٤ - ٧ نيوكليوتيدات . ويقص الإنزيم جزىء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف (شكل ٤) . وتتابع القواعد النيتروجينية على شريطى DNA عند موقع القطع يكون هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط فى اتجاه $5' \longrightarrow 3'$ ولكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزئ

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



(شكل ٤) دور انزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعتين مختلفتين من DNA عند مواقع محددة

DNA بغض النظر عن مصدره DNA فيروسي أو بكتيري أو نباتي أو حيواني ما دام هذا الجزء يحتوي على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف .

وتوفر إنزيمات القصر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات عند أطرافها، كما أن العديد منها يكون أطرافا مفردة حيث تكون قطع اللولب المزدوج ذات طرفين مفردي الشريط يطلق عليها " الأطراف اللاصقة " لأن قواعدها تتزاوج مع طرف قطعة أخرى لشريط آخر نتج عن استخدام نفس الإنزيم على أي DNA آخر . (شكل ٤) ويمكن بعد ذلك ربط الطرفين إلى شريط واحد بواسطة إنزيم الربط . وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزيء DNA بقطعة أخرى من جزئ آخر.

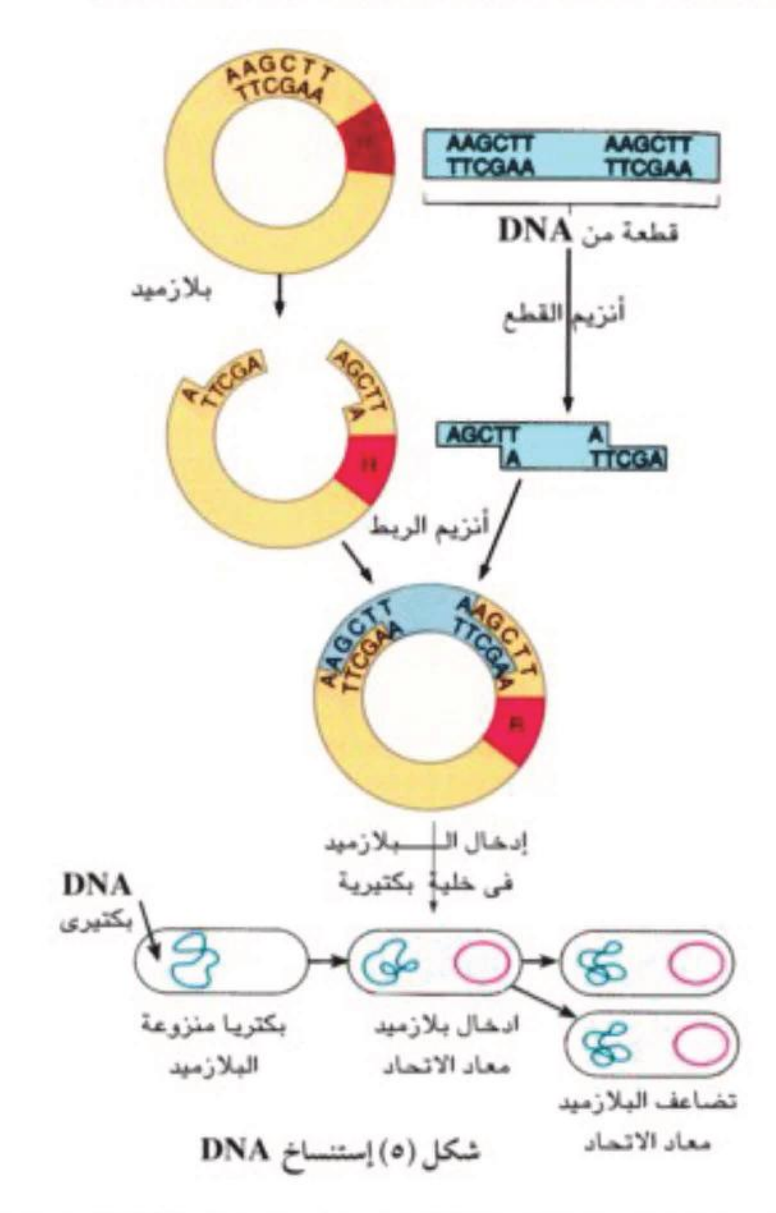
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

استنساخ تتابعات DNA

يقوم علماء البيولوجى بإنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA (شكل ٥) وذلك بلصقها بجزىء ما، يحملها إلى خلية بكتيرية ، وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد.

ولكى يلصق الجين الغريب أو قطعة DNA بالبلازميد يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيم القصر لتكوين نهايات مفردة الشريط متكاملة القواعد لاصقة ، وعندما يتم خلط الاثنين فإن بعض النهايات اللاصقة للبلازميد تتزاوج قواعدها مع النهايات اللاصقة للجين ، ثم يتم ربط الاثنين باستخدام إنزيم الربط .

بعد ذلك يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا ، أو خلايا الخميرة التى سبق معاملتها لزيادة نفاذيتها لـ DNA حيث تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا ، وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية ، بعد ذلك يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات . ويتم إطلاق الجين من البلازميدات باستخدام نفس إنزيم القصر الذى سبق استخدامه ، ثم يتم عزل الجينات بالطرد المركزى المفرق ، وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجين أو قطع DNA المتماثلة يستطيع أن يحللها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو يمكن زراعتها فى خلية أخرى .

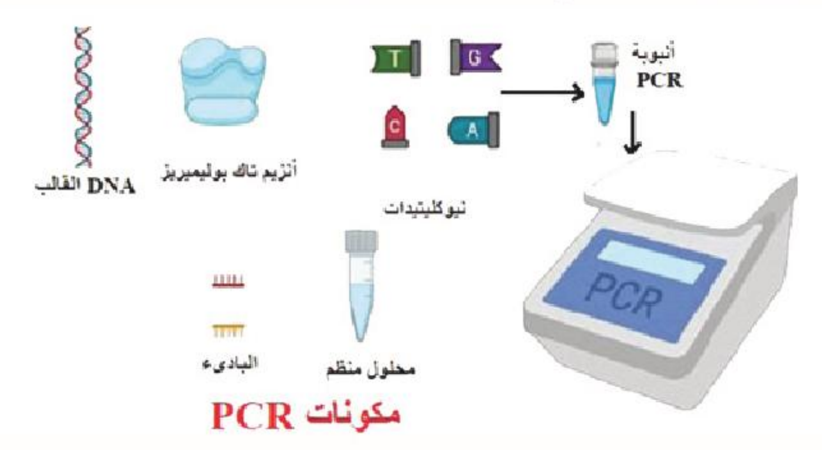


شكل (٥) إستنساخ DNA

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

والطريقة الأفضل لفصل DNA (جين) عن جينوم تبدأ بالخلايا التى يكون فيها الجين الذى نود التعامل معه نشطًا مثل خلايا البنكرياس التى تكون الأنسولين والخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تكون الهيموجلوبين ، ففى هذه الخلايا توجد كمية كبيرة من mRNA الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات ، ويقوم الباحث بعزل هذا الحمض النووى واستخدامه كقالب لبناء DNA الذى يتكامل معه ، ويشبه ذلك تضاعف DNA إلى حد كبير ، ويطلق على الإنزيم الذى يقوم ببناء DNA على قالب من mRNA اسم إنزيم النسخ العكسى، وهذا الإنزيم توجد شفرته فى الفيروسات التى محتواها الجينى يتكون من mRNA، حيث تستخدمه فى تحويل محتواها من RNA إلى DNA الذى يرتبط بالمحتوى الجينى من DNA فى خلية العائل . وما أن ينتهى هذا الإنزيم من بناء شريط مفرد من DNA ، فإنه يمكن بناء الشريط المتكامل معه باستخدام إنزيم البلمرة ويمكن بعد ذلك مضاعفة هذا اللولب المزدوج من DNA

ويستخدم حالياً لمضاعفة قطع DNA جهاز (PCR) (Polymerase Chain Reaction)الذى يستخدم انزيم تاك بوليميريز (taq polymerase) الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة، ويستطيع هذا الجهاز خلال دقائق معدودة من مضاعفة قطع DNA آلاف المرات .



مكونات PCR

DNA معاد الاتحاد

لقد شهدت السنوات الأخيرة فيضاً من الإنجازات فى تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد ، أى إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حى إلى خلايا كائن حى آخر ، فلقد أصبح الآن من الممكن :

إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب، وبذلك نزيل عنهم المعاناه ونعفيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج الخلل الوراثى (من الواضح أن هذه قد تكون تكنولوجيا خطرة جداً لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى، وهناك العديد ممن يعارضون بشدة استمرار البحث فى هذا المجال)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

(أ) - إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى . ففى عام ١٩٨٢ رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام أول بروتين يتم إنتاجه بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد وهو هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يومياً ملايين البشر المصابين بمرض السكر ،وكان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازيرولكن الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الأنواع الأخرى .

(ب) - توصل الباحثون كذلك إلى تكوين بكتيريا تحتوى على جينات الإنترفيرونات (Interferones) البشرية . وهى بروتينات توقف تضاعف الفيروسات (على الأخص التى يتكون محتواها الجينى من RNA مثل فيروس الانفلونزا وشلل الأطفال) وفى داخل جسم الإنسان تبنى الإنترفيرونات وتنطلق من الخلايا المصابة بالفيروس وتعمل على وقاية الخلايا المجاورة من مهاجمة الفيروس.

ويظهر أن الإنترفيرونات قد تكون مفيدة فى علاج بعض الأمراض الفيروسية وكان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠ يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية، ولذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، ولقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جيناً بشرياً للانترفيرون إلى داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيراً ورخيص الثمن نسبياً .

(جـ) تمكن بعض الباحثون الزراعيون من إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ومقاومة لبعض الأمراض الهامة فى نباتات المحاصيل، كما أن هناك جهوداً كبيرة تبذل الآن فى محاولة عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية والتى تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها . وإذا أمكن زرع تلك الجينات فى نباتات محاصيل اخرى لاتستطيع استيعاب هذه البكتيريا لأمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتى تسهم بقدر كبير فى تلويث الماء فى المناطق الزراعية.

(د) تمكن بعض الباحثين من زرع جين من سلالة من ذبابة الفاكهه فى جنين سلالة أخرى وقد تم زرع الجين فى

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية ، وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذى أضفى على الأجيال الناتجة عن تزاوج هذه الأفراد صفه لون الياقوت الاحمر للعين بدلاً من اللون البنى كما قام فريق آخر من الباحثين بإدخال جين هرمون نمو من فأر من النوع الكبير أو من الإنسان الى فئران من النوع الصغير حيث نمت هذه إلى ضعف حجمها الطبيعى بالإضافة إلى أن هذه الصفة انتقلت إلى نتائجها من الفئران

ومن الأمثلة الأخرى للنجاحات في مجال DNA معاد الاتحاد تعديل الجينوم البكتيري لإنتاج الأنتيجينات الخاصة بمسببات الأمراض، بهدف تصنيع لقاحات آمنة.

مشروع الجينوم البشرى

مشروع الجينوم البشري هو جهد دولي ضخم يهدف إلى دراسة تتابع الجينات على الكروموسومات البشرية ومعرفة تتابع النيوكليوتيدات في كل من هذه الجينات ، ولقد أجري هذا المشروع في الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٠٣ ، وكانت نتائجه هائلة ومنها أن عدد الجينات في الجينوم البشري يصل فقط إلى حوالي ٢٥٠٠٠ جين موجودة على ٢٣ كروموسوم، ولقد أصبحت المعلومات التي توصل إليها هذا المشروع متوفرة الآن للمجتمع العلمي .

ويستفاد من مشروع الجينوم البشري

١- معرفة الجينات المسببة للأمراض الوراثية الشائعة والنادرة .

٢- معرفة الجينات المسببة لعجز الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.

٣- الاستفادة من الجينوم البشرى فى المستقبل فى مجال صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.

٤- دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

Text

أسئلة

١ - تكون المادة الوراثية RNA فى :

أ-الفئران   ب-القمح   جـ-فيروس الايدز   د-البكتريوفاج

٢ -الكودون هو ثلاث نيوكليوتيدات متتالية على:

أ- DNA   ب- mRNA   جـ- tRNA   د- rRNA

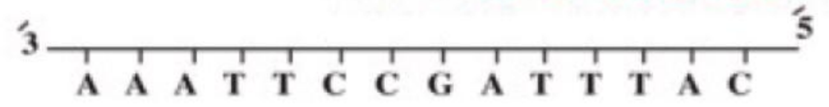
٣ -إذا كانت الشفرة ثلاثية فالاحتمالات المختلفة لكودونات الأحماض الأمينية تكون

أ- $٣^{٣}$ ب- $٤^{٣}$ جـ- $٣^{٤}$ د- $٤^{٢}$

٤ -عديد ببتيد يتكون من ١٢ حمض امينى . أقل عدد من النيكلوتيدات المكونة mRNA تكون:

أ- ١٢   ب- ٢٤   جـ- ٣٦   د- ٩٦

س٢: هذا الشكل يوضح جزء من شريط DNA



أ-اكتب تتابعات الشريط المتكامل معه.

ب-اكتب تتابعات mRNA .

جـ-احسب نسبة $\frac{A+C}{T+G}$ من اللولب المزدوج

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

س٣: جين (X) يتكون من ١٥٠ زوج من النيكلوتيدات ، كم عدد الأحماض الأمينية التى تدخل فى تكوين البروتين الناتج؟

س٤: بتحليل المادة الوراثية للفيروس أعطى النتائج التالية الخاصة بنسبة القواعد النيتروجينية به

G=32% U=18% C=32% A=18%

ما نوع الحمض النووى الذى يملكه هذا الفيروس؟ولماذا؟

س٥: فى البكتيريا تتم عملية النسخ وعملية الترجمة فى آن واحد ، بسبب عدم وجود غشاء نووى يحيط بالمادة الوراثية.

أ- العبارتان صحيحتان وتوجد علاقة بينهما.

ب- العبارتان صحيحتان ولا توجد علاقة بينهما.

جـ- العبارتان خاطئتان.

د- العبارة الأولى صحيحة والثانية خاطئة.

هـ- العبارة الأولى خاطئة والثانية صحيحة.

س٦: أى من العبارات التالية غير صحيح، ولماذا؟

١- لا تلتحم تحت وحدتى الريبوسوم إلا أثناء ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل.

٢- تتم عملية ترجمة mRNA من خلال ريبوسوم واحد فقط.

٣- تملك الميتوكوندريا والريبوسومات DNA .

٤- عدد أنواع tRNA يساوى عدد أنواع العشرين حمض أمينى.

٥- الجين هو عبارة عن البروتين الذى يحدد ظهور الصفة الوراثية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

س٧: علل لما يأتى:

١-شريط DNA يكون أحدهما فى وضع معاكس للآخر.

٢-تلعب إنزيمات الربط دورا هاما فى الثبات الوارثى للكائنات الحية.

٣-المحتوى الجينى للسلمندر يعادل ٣٠ مرة المحتوى الجينى للإنسان، ومع ذلك يعبر عن عدد أقل من الصفات.

٤-قدرة بعض البكتيريا على تحليل DNA الفيروسى .

٥-وجود شفرة أنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى محتواها الجينى RNA.

٦- تعتبر الشفرة الوراثية دليلا على حدوث التطور.

٧- الفيروسات سريعة الطفرات.

٨- يتم بناء الآف من الريبوسومات فى الساعة .

٩- لا تتم ترجمة ذيل عديد الأدينين على mRNA إلى أحماض أمينية .

١٠- تختلف البروتينات رغم تشابه الوحدات البنائية لها.

س٨: ما المقصود بكل من:

البلازميد- عديد الريبوسوم - عامل الاطلاق - الجينوم البشرى -الشفرة الوراثية - مضاد الكودون -كودون البدء - كودون الوقف.

س٩: اختر من العمود (ب) ما يناسب عبارات العمود (أ):

(أ)	(ب)
١- أنزيم ديوكس ريبونيوكليز	أ-يعمل على اصلاح عيوب DNA
٢- أنزيم اللولب	ب-يفصل شريطى DNA عن بعضهما
٣- أنزيم بلمرة DNA	جـ-يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا
٤- أنزيم النسخ العكسى	د-يعمل على كسر DNA فى أماكن محددة
٥- أنزيمات الربط	هـ-يضيف نيوكلوتيدات جديدة فى اتجاه ٣
٦- أنزيمات القصر	و-ينسخ mRNA من DNA
٧- أنزيم بلمرة RNA	ز- ينسخ DNA من RNA

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

س١٠: قارن بين:

أ-نيوكلوتيدة DNA ، ونيوكليوتيدة RNA

ب- DNA فى أوليات النواه وDNA فى حقيقيات النواه.

جـ-البروتينات التركيبية والبروتينات التنظيمية.

د- DNA المهجن و DNA معاد الاتحاد.

س١١: تمت معظم الدراسات الخاصة بكشف مادة الوراثة الحقيقية باستخدام الفيروسات والبكتيريا ، فسر إحدى هذه التجارب التى استخدم فيها الفيروس والبكتيريا لاثبات أن مادة الوراثة هى DNA وليس البروتين .

س١٢: ما أهمية الجينوم البشرى؟

س١٣: وضح باختصار خطوات تكوين البروتين بدأ من نسخ المعلومات الوراثية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الأحياء وعلوم الأرض

بعد الانتهاء من دراسة هذا الموضوع يصبح الطالب قادرًا على أن:

- يفسر أهمية علم الجيولوجيا في الحياة.
- يقارن بين المكونات المختلفة لكوكب الأرض.
- يستنتج التراكيب الجيولوجية في قطاع جيولوجي سطحي أو تحت سطحي.
- يقارن بين التراكيب الجيولوجية التكتونية والتراكيب الجيولوجية الأولية.
- يتعرف على الأنواع المختلفة التراكيب الجيولوجية من خلال بيانات معطاه.
- يقارن بين الأنواع المختلفة لعدم التوافق
- يفسر المفهوم الجيولوجي للمعدن.
- يحدد أهمية المعادن والصخور في حياة الإنسان.
- يميز المعادن من حيث التركيب الكيميائي.
- يقارن بين الأنظمة المختلفة للبلورات.
- يتنبأ بنوع المعدن في ضوء خصائصه الفيزيائية.
- يصف العمليات الجيولوجية في دورة الصخور
- يشرح ظروف تكوين الصخور النارية.
- يحلل الأشكال البيانية الخاصة بالتركيب المعدني للصخور النارية.
- يقارن بين الصخر الجوفية والصخور البركانية والصخور المتداخلة.
- يتعرف على الأشكال التي تتواجد عليها الصخور النارية.
- يميز بين أنواع الصخور الرسوبية.



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مادة الأرض

إذا تأملنا فى حياتنا الآن نستطيع أن نقول ماذا فى عالمنا ليس جيولوجيا ؟ وقبل أن نجيب على هذا السؤال يجب علينا أولاً أن نعرف ما الجيولوجيا ؟ وما الأفرع المختلفة لها ؟ وأخيراً ما علاقتها بالعلوم المختلفة ؟

الجيولوجيا (علم الأرض) : هو العلم الذى يتناول كل ما له علاقة بالأرض ومكوناتها وحركاتها وتاريخها وظواهرها وثرواتها.

ويتفرع علم الچيولوچيا إلى عدة أفرع كل منها يبحث فى ناحية معينة ، ومنها ما يلى:

- **الچيولوچيا الطبيعية Physical Geology:** يختص أساسا بدراسة العوامل الخارجية والداخلية وتأثير كل منهما على صخور القشرة الأرضية.
- **علم المعادن والبلورات Mineralogy and Crystallography :** الذى يبحث فى دراسة أشكال المعادن وخصائصها الفيزيائية والكيميائية وصور أنظمتها البلورية.
- **چيولوچيا المياه الأرضية (الجوفية) Hydrogeology :** فرع يبحث عن كل ما يتعلق بالمياه الأرضية والكيفية التى يتم بها استخراج هذه المياه للاستفادة منها فى الزراعة و استصلاح الأراضى.
- **الجيولوجيا التركيبية Structural Geology :** تختص بدراسة التراكيب والبنيات المختلفة التى تتواجد عليها الصخور الناتجة من تأثير كل من القوى الخارجية والداخلية التى تعمل باستمرار وبدرجات قوة متباينة على الأرض.
- **علم الطبقات Stratigraphy :** يختص بدراسة القوانين و الظروف المختلفة المتحكمة فى تكوين الطبقات الصخرية وعلاقاتها الجيولوجية ببعضها.
- **علم الأحافير paleontology :** يختص بدراسة بقايا أو آثار الكائنات الحية (نباتية أو حيوانية) في الصخور الرسوبية والتى عاشت فى أزمنة جيولوجية مختلفة ومنها نستطيع أن نحدد العمر الچيولوچى لهذه الصخور وظروف البيئة التى تكونت فيها.
- **الجيوكيمياء Geochemistry** : تختص بدراسة الجانب الكيميائى للمعادن والصخور وتوزيع العناصر فى القشرة الأرضية وتحديد نوع ونسبة الخامات المعدنية فى القشرة الأرضية.
- **الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology** : يختص بدراسة الخواص الميكانيكية والهندسية للصخور بهدف إقامة المنشآت الهندسية المختلفة مثل السدود والأنفاق والكبارى العملاقة وناطحات السحاب والأبراج.
- چيولوچيا البترول Petroleum Geology :يختص بكل العمليات التى تتعلق بنشأة البترول أو الغاز وهجرته وتخزينه فى الصخور.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



•علم الجيوفيزياء Geophysics :الذى يبحث عن أماكن تواجد الثروات البترولية والخامات المعدنية وكل ما هو تحت سطح الأرض بعد الكشف عنها بالأجهزة الكاشفة الحساسة.

أهمية الجيولوجيا فى حياتنا :إن التطور الصناعى والاقتصادى قائم فى جزء كبير منه على الدراسات الجيولوجية حيث تعتمد على ما يتم استخراجه من ثروات من القشرة الأرضية واستغلال هذه الثروات

ومن أهم فوائد علم الأرض:

1-التنقيب عن الخامات المعدنية كالذهب والحديد والفضة وغيرها.

2-الكشف عن مصادر الطاقة المختلفة مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعى والمعادن المشعة.

3-البحث عن مواد البناء المختلفة مثل الحجر والطفل والرخام والجبس والحجر الرملي والجرانيت وغيرها.

4-تساعد فى تخطيط المشاريع العمرانية كبناء مدن جديدة وسدود وأنفاق وشق طرق آمنة من الأخطار والكوارث.

5-البحث عن المواد الأولية المستخدمة فى الصناعات الكيميائية كالصوديوم والكبريت والكلور لتصنيع أسمدة ومبيدات حشرية وأدوية.

6-الكشف عن مصادر المياه الأرضية نعتمد عليها فى استصلاح الأراضى

7-تسهم فى انجاح العمليات العسكرية

مكونات كوكب الأرض

لكوكب الأرض مكونات رئيسية هى:

١) القشرة الأرضية Crust :

غلاف رقيق السمك حيث يتراوح سمك صخوره ما بين ٨ الى ١٢ كيلومتر تحت البحار المفتوحة والمحيطات وتتكون من صخور السيما البازلتية (تسمى بالقشرة المحيطية Oceanic Crust) الأعلى كثافة وثقيلة الوزن النوعي عن القشرة القارية والمكونة معظمها من السيليكا والماغنسيوم وحوالى ٦٠ كيلومتر فى القارات وتتكون من صخور السيال الجرانيتية (وتسمى بالقشرة القارية Continental Crust) والمكونة معظمها من السيليكا و الألومنيوم وتتكون القشرة الأرضية من صخور نارية ورسوبية ومتحولة ورغم اختلاف كثافة صخور القشرتين إلا أنها فى حالة من التوازن الدائم.

قطاع الكرة الأرضية والأغلفة المختلفة

٢) الوشاح Mantle :

يكون حوالي ٨٤٪ من الحجم الكلي للأرض ويمتد من أسفل القشرة ليصل إلى حوالى ٢٩٠٠ كيلومتر.
يتكون الوشاح من سيليكات الحديد والماغنيسيوم. وينقسم الوشاح إلى جزء علوي صلد يشترك مع

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

القشرة الأرضية لتكوين الغلاف الصخري (Lithosphere) الذي يصل سمكه حوالي ١٠٠ كم. ويوجد أسفل الغلاف الصخري الاسينوسفير (Asthenosphere) بسمك يصل الى حوالى ٣٥٠ كيلومترا ويتكون من مواد صخريه لدنه مائعة تتصرف تصرف السوائل تحت ظروف خاصة من الضغط ودرجة الحرارة وتسمح بانتشار دوامات تيارات الحمل فيها والتى تساعد على حركة القارات فوقها.

والجزء السفلي من الوشاح يتكون من صخور صلبة.

٣) النواة أو اللب Core :

يبلغ نصف قطره حوالى ٣٤٨٦ كيلومتر أى ما يوازى ١٥٪ من حجم الأرض ولكونه يتكون من مواد عالية الكثافة فهو يمثل ثلث كتلتها وعنده يكون الضغط كبير جدا إذ يصل إلى الملايين من الضغط الجوى كما تصل عنده درجة الحرارة لأكثر من ٥٠٠٠ درجة مئوية.

ولقد أثبتت النتائج التى حصل عليها العلماء من تحليلهم للموجات التى تنتشر فى جوف الأرض عند حدوث الزلازل أن النواة أو اللب يمكن تقسيمه إلى:

- **لب خارجى Outer Core** : بسمك يساوى تقريباً ٢١٠٠ كيلومتر ويتألف من الحديد والنيكل المنصهر ويقع تحت ضغط يوازى ٣ مليون ضغط جوى وكثافة تصل إلى حوالى ١٠جم / سم٣
- **لب مركزى أو داخلى Inner Core** : يتكون من الحديد والنيكل في حالة صلبة عالية الكثافة تبلغ حوالى ١٤جم / سم٣ ونصف قطره يصل إلى حوالى ١٣٨٦ كيلومتر. وبذلك تمكن العلماء من تفسير أصل المجال المغناطيسى للأرض بسبب وجود لب خارجى من مواد مصهورة تدور حول لب داخلى صلب.

التراكيب الجيولوجية

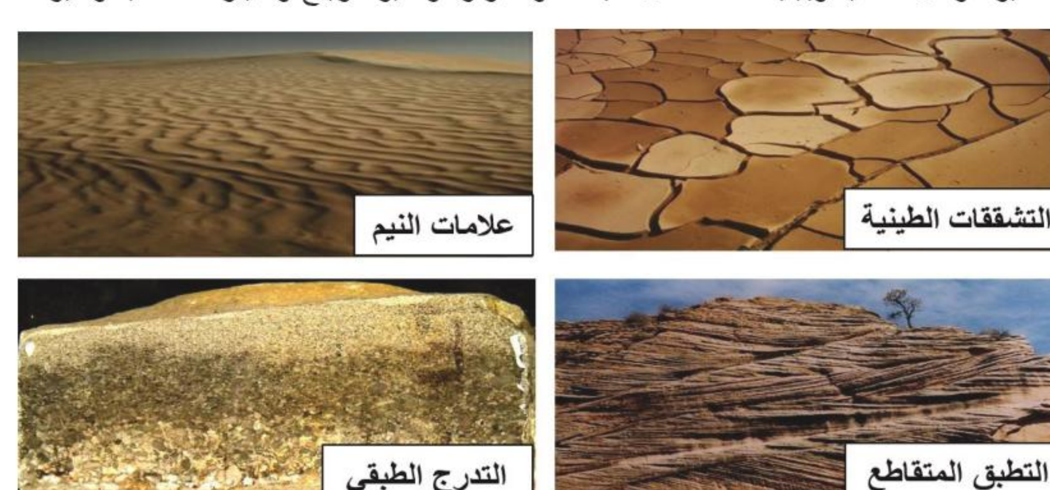
إن صخور القشرة الأرضية خاصة الرسوبية منها لا يبقى على الحالة التى نشأت عليها عند تكونها. و لكنها تتعرض دائما ومن وقت لآخر لقوى داخلية وخارجية من نوع ما تجعلها تتخذ أوضاعا وأشكالا جديدة. وهذه الاشكال تسمى بالتراكيب الجيولوجية:-

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



وللتراكيب الجيولوجية أنواع منها:

(١) التراكيب الجيولوجية الأولية Primary Structures: وهى الأشكال التى تتخلف بالصخور تحت تأثير عوامل مناخية وبيئية خاصة مثل الجفاف والحرارة وتأثير الرياح والتيارات المائية وغيرها



وبدون أى تدخل يذكر من جانب القوى التكتونية والحركات الأرضية. ومثال ذلك ما نراه فى تراكيب التطبق المتقاطع Cross-Bedding وعلامات النيم Ripple Marks والتدرج الطبقى Grade Bedding والتشققات الطينية Mud Cracks وغيرها من التراكيب التى تعتبر فى الحقيقة من أهم التراكيب الجيولوجية الأولية وأكثرها انتشاراً فى صخور القشرة الأرضية وخاصة الرسوبية منها.

(٢) التراكيب الجيولوجية الثانوية Secondary Structures : والتى يسميها البعض تراكيب جيولوجية تكتونية نظراً لكونها بنيات تكونت بفعل القوى المنبعثة من باطن الأرض وهى التشققات والتصدعات الضخمة والإلتواءات العنيفة التى كثيرا ما نراها تشوه صخور القشرة الأرضية أثناء قيامنا برحلاتنا الجيولوجية للمناطق الجبلية والصحراوية . تلك القوى الداخلية التى يتعرض لها كوكبنا (الأرض) وينتج عنها حدوث الزلازل وهياج البحار والمحيطات وتقدم مياهها أو انحسارها عن اليابسة وزحزحة القارات وحركتها حول بعضها البعض. وسوف نتناول فى الصفحات التالية دراسة التراكيب الجيوليوجية التكتونية بالتفصيل نظرا لأهميتها الاقتصادية.

أمثلة التراكيب التكتونية

أولاً : الطيات أو الثنيات Folds

تعتبر الطيات من أهم أنواع التراكيب الجيولوجية تكتونية الأصل وهى تتواجد بصورة أكثر وضوحاً فى الصخور الرسوبية التى تظهر على شكل طبقات تختلف فى سمكها وامتدادها فى الطبيعة من مكان لآخر وتعرف الطية بأنها انثناء أو تجعد يحدث لصخور القشرة الأرضية وقد تكون بسيطة أى ثنية واحدة أو

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

غالبا ما تكون مكونة من عدة ثنيات متصلة وهى تنشأ غالبا نتيجة نتيجة تعرض سطح القشرة الأرضية لقوى ضغط ، ونادراً أن تبقى الطيات على الحالة التي نشأت عليها ولك ن يتعقد شكلها بالكسور والتشققات لتعرضها لتكرار عمليات الطي.



الطيات في الطبيعة

وللطيات أهمية جيولوجية واقتصادية كبيرة تتمثل فى:-

١. تشكل المكامن أو المصايد التى يتجمع فيها زيت البترول الخام والمياه الجوفية أو يترسب فيها الخامات المعدنية.

٢. تحديد العلاقة الزمنية (من حيث الأقدم والأحدث) بين الصخور.

٣. تعتبر الطيات دليلاً على النشاط التكتوني والتشوه في الصخور

٤. للطيات أهمية في تصميم المشاريع الهندسية وعمليات البناء.

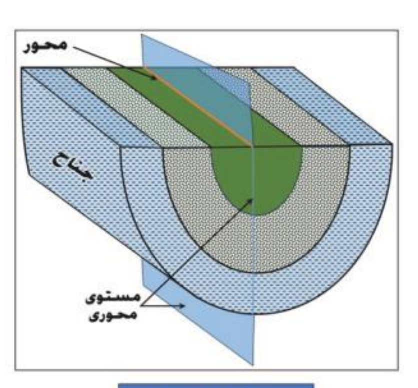
عناصر الطية : توصف الطيات على اختلاف أحجامها وأنواعها بعدة عناصر تركيبية أساسية منها:

- **المستوى المحورى للطية** : هو المستوى الوهمى الذى يقسم الطية بكل طبقاتها المختلفة إلى نصفين متماثلين ومتشابهين تماماً من جميع الوجوه.
- **جناحى الطية** : يتمثل أساساً فى كل من كتلتى الصخور الموجودتين على جانبى المستوى المحورى للطية.
- **محور الطية** : هو الخط الوهمى الذى ينتج عند تقاطع المستوى المحورى للطية مع أى سطح من أسطح طبقاتها المختلفة.

أكثر أنواع الطيات شيوعاً هى:

- الطيات المحدبة والتى تتميز بأن طبقاتها منحنية لأعلى وأقدم طبقاتها توجد فى المركز.
- الطيات المقعرة والتى تتميز بأن طبقاتها منحنية لأسفل وأحدث طبقاتها توجد فى المركز.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



عناصر الطية المقعرة

عناصر الطية المحدبة

ثانيا: الفوالق Faults



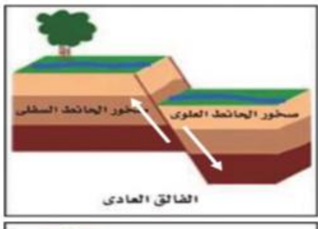
الفوالق في الطبيعة

الفوالق واحدة من أهم التراكيب التكتونية الأصل وتعرف بأنها كسور وتشققات فى الكتل الصخرية التى يصاحبها حركة نسبية للصخور المتهشمة على جانبى مستوى الكسر.

عناصر الفالق : وللفوالق كما للطيات عناصرها التركيبية أهمها:

- **مستوى الفالق** : هو المستوى الذى تتحرك على جانبيه الكتل الصخرية المتهشمة بحركة نسبية ينتج عنها إزاحة.
- **صخور الحائط العلوى**: هى كتلة الصخور الموجودة أعلى مستوى الفالق.
- **صخور الحائط السفلى** : هى كتلة الصخور الموجودة أسفل مستوى الفالق.

تحديد نوع الفالق : ولمعرفة نوعية الفالق سواء كان فالقا عاديا أو فالقا معكوسا فإنه يجب أولاً أن نحدد الإتجاه الذى تحركت فيه مجموعة من الصخور الموجودة على أحد جانبى مستوى الفالق بالنسبة لإتجاه حركة نفس هذه المجموعة الصخرية على الجانب الآخر، وعلى هذا الأساس يمكن تصنيف الفوالق كما يلى :



الفالق العادى



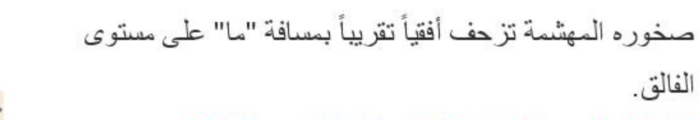
الفالق المعكوس

(أ) الفالق العادى (Normal Fault) : هو الكسر الناتج عن الشد والذى تتحرك على مستواه صخور الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة لصخور الحائط السفلى.

(ب) الفالق المعكوس (Reverse Fault) : هو الكسر الذى ينشأ من الضغط ويظهر فيه تحرك واضح لصخور الحائط العلوى إلى أعلى بالنسبة لصخور الحائط السفلى.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

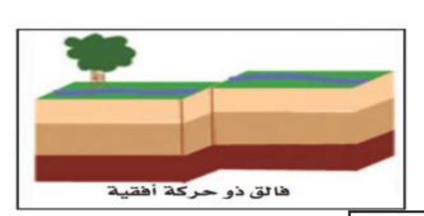
(جـ) الفالق الدسر (Thrust Fault) : وهو أحد أنواع الفوالق المعكوسة ويتميز عن الفالق المعكوس بأن مستوى الفالق أفقيا تقريبا (أى قليل الميل) ولذلك قد يسميه البعض فالق زحفى لأن

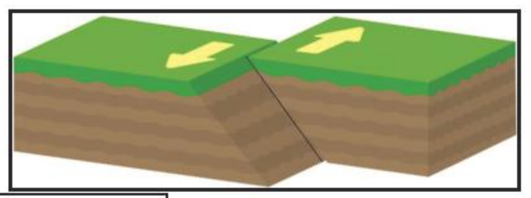


صخوره المهشمة تزحف أفقياً تقريباً بمسافة "ما" على مستوى الفالق.

(د) فلق ذو حركة أفقية (Strike-slip Fault) : تتحرك صخوره المهشمة ح ركة أفقية فى نفس المستوى دون وجود إزاحة رأسية.

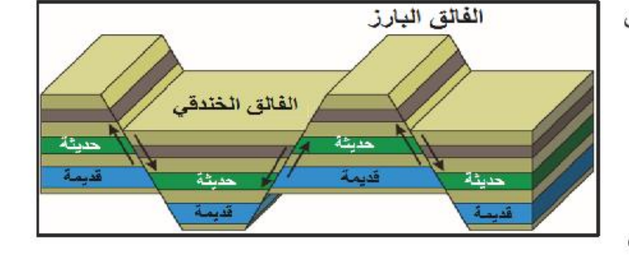






فالق ذو حركة أفقية

(هـ) فالق بارز أو ساتر (Horst Faults) : يحدث عندما تتأثر الصخور بفالقين عاديين يتحدان معا فى صخور الحائط السفلى.



(و) فالق خندقى أو خسفى (Graben Faults) : يحدث عندما تتأثر الصخور بفالقين عاديين يتحدان فى صخور الحائط العلوى.

أهمية الفوالق: ١) تعتبر الفوالق مصايد للبترول والغاز الطبيعى والمياه الجوفية.

٢) أماكن تصاعد مياه ونافورات ساخنة على مستوى الفالق كما فى منطقة عيون حلوان بحلوان والعين السخنة على الساحل الغربى لخليج السويس وحمام فرعون على الساحل الشرقى لخليج السويس والتى تستخدم للسياحة والعلاج.

٣) ترسيب معادن الكالسيت والمنجنيز والنحاس وخامات القصدير ذات القيمة الاقتصادية نتيجة صعود مياه معدنية فى الشقوق على طول مستوى الفالق.

ثالثاً : الفواصل Joints

تراكيب جيولوجية تكتونية الأصل وهى عبارة عن كسور متواجدة فى الصخور المختلفة النارية والرسوبية والمتحولة ولكن بدون اية إزاحة ولقد وجد أن المسافة بين كل فاصل وأخر تختلف من عدة سنتيمترات إلى عشرات الأمتار ويعتمد ذلك على نوع الصخر وسمك الصخر وطريقة استجابته للقوى

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

المؤثرة عليه.

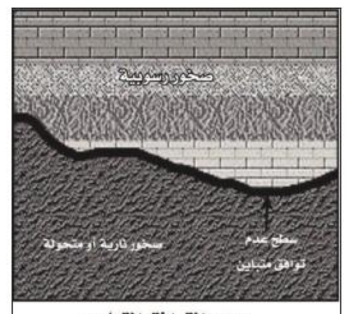
ويجدر الإشارة هنا الى أن قدماء المصريين استفادوا من وجود هذه الفواصل فى الصخور فى بناء معابدهم ومقابرهم وكذلك فى عمل المسلات.

تراكيب عدم التوافق " Unconformity "

سطح عدم التوافق : هو سطح تعرية أو سطح عدم ترسيب واضح ومميز يفصل ما بين مجموعتين صخريتين ويدل على غياب الترسيب لفترات زمنية تصل إلى عشرات الملايين من السنين . ويستدل عليها بعدة شواهد :

الشواهد التى تدل على وجود عدم التوافق :

١. وجود طبقة من الحصى المستدير (الكونجلوميرات) تقع فوق سطح عدم التوافق مباشرة.
٢. تغير مفاجئ فى تتابع المحتوى الحفري بين الطبقات
٣. اختلاف ميل الطبقات على جانبى سطح عدم التوافق
٤. وجود تراكيب جيولوجية أو تداخلات صخور نارية فى إحدى الطبقات وعدم وجودها فى الطبقات الأخرى.

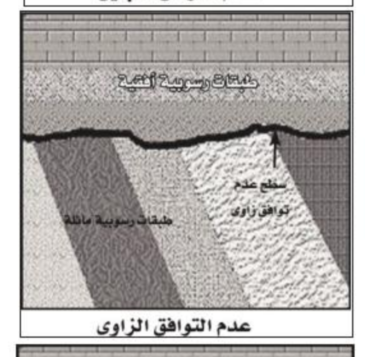


عدم التوافق المتباين

أنواع عدم التوافق :

عدم التوافق المتباين (Nonconformity) :

ويتكون هذا النوع بين الصخور الرسوبية والصخور النارية أو المتحولة من جهة أخرى وتكون الصخور الرسوبية هى الأحدث.



عدم التوافق الزاوى

عدم التوافق الزاوي (Angular unconformity) :

فى هذا النوع تكون مجموعة الطبقات الأقدم مائلة أما مجموعة الطبقات الأحدث فهى افقية أو تكون المجموعتان مائلتين فى اتجاهين مختلفين.

عدم التوافق الانقطاعى

عدم التوافق الإنقطاعي (Disconformity) :

وفيه يكون عدم التوافق بين مجموعتان من الصخور الرسوبية فى وضع افقى تقريباً تحدث بسبب التعرية أو انقطاع الترسيب ويمكن للجيولوجى تحديد سطح عدم التوافق من خلال المحتوى الحفرى لها.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

المعـــادن والصخور

يعيش الإنسان على سطح الأرض فوق القشرة الأرضية يأكل من زراعة تربتها ويسكن فى منازل يبنيها من مواد يستخرجها من صخورها و معادنها . و لا يتم ذلك إلا بدراسة مواد القشرة الأرضية من الصخور و المعادن المكونه لها ، والتى نعيش فى تلامس مباشر معها بل و تصعب الحياه بدونها سواء فى السلم أو الحرب . وقد عرف الإنسان المعادن والصخور منذ قديم الأزل . حيث استخدم الإنسان العصر الحجرى معادن الهيماتيت والليمونيت للرسم على جدران الكهوف التى كان يعيش فيها . ثم ازدهرت صناعة الفخار من معادن الطين بعد أن عرف الإنسان النار . وكان الانسان المصرى القديم أول من استخدم الأحجار ذات الألوان الزاهية من فيروز ومالاكيت وزمرد كأحجار للزينة والآن تستخدم المعادن فى الكثير من الصناعات و استخدامات الحياة المتعددة حيث يستخدم الكالسيت فى صناعة الأسمنت والكوارتز (الرمل) فى المصنوعات الزجاجية أما أكاسيد الحديد (الماجنيتيت والهيماتيت) فتدخل فى صناعة الحديد والصلب اللازمة فى البناء وصناعة السيارات وسكك الحديد. أما الفلسبار فيدخل فى صناعة الخزف.

تتركب القشرة الأرضية من ثلاثة أنواع من الصخور هى النارية والرسوبية والمتحولة، وتشترك الصخور فى أنها تتكون من مجموعة معادن و فى أحيان قليلة نجد أن الصخر يتكون من معدن واحد مثل معدن الكالسيت الذى يكون صخور الحجر الجيرى .ولكن الغالبية العظمى من الصخور تتكون من حبيبات من المعادن متماسكة مع احتفاظ كل منها بخصائصه مثل الجرانيت الذى يتكون معظمه من الكوارتز والفلسبار والميكا وعادة ما تشترك المعادن المكونة للصخر فى بعض الصفات أو الخواص .

تعريف المعدن : مما سبق يتضح أن المعدن هو الوحدة الأساسية التى يتكون منها الصخر . والمعدن بالنسبة لجيولوجى متخصص فى علم المعادن هو مادة صلبة غير عضوية تتكون فى الطبيعة ولها تركيب كيميائى محدد ولها شكل بلورى مميز.

تكون المعادن : المعادن كغيرها من المواد الطبيعية تتكون من العناصر المعروفة لنا حيث تتكون بعض المعادن من عنصر واحد فقط مثل الذهب والكبريت و النحاس وكذلك الجرافيت والماس اللذان يتكونان من عنصر الكربون بينما تتكون غالبية المعادن من اتحاد عنصرين أو أكثر كيميائيا حيث ترتبط لتكون مركبا ثابتا ، حسب القوانين الكيميائية الخاصة بالروابط مثل الكوارتز (المرو) الذى يتكون من ثانى أكسيد السيليكون والكالسيت الذى يتكون من كربونات الكالسيوم و مع أن الانسان تعرف على أكثر من مائة عنصر، فإن ثمانية عناصر فقط تكون حوالى ٩٨,٥٪ بالوزن من صخور القشرة الأرضية. وقد تمكن علماء المعادن من تعريف أكثر من ألفى معدن ، وإن كان أغلبها يوجد بكميات قليلة فى الطبيعة . وإذا أحصينا المعادن الشائعة وتلك ذات القيمة الاقتصادية نجد أنها لا تتجاوز المائتى معدن أما المعادن

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

المكونة لصخور القشرة الأرضية ، فإنها تعد بالعشرات و تنقسم إلى عدة مجموعات معدنية أكثرها شيوعاً مجموعة السيليكات تليها الكربونات ثم الأكاسيد والكبريتيدات والكبريتات ثم معادن عنصرية منفردة وغيرها. ومن الأركان الأساسية فى تعريف المعدن أن له تركيب كيميائى محدد وبناء ذرى ثابت والشق الأساسى فى تعريف المعدن هو كونه مادة متبلرة يتحكم النظام البلورى لها فى شكل المعدن وخصائصه الفيزيائية وفى خصائصه الكيميائية أيضاً.

التركيب البلورى للمعادن

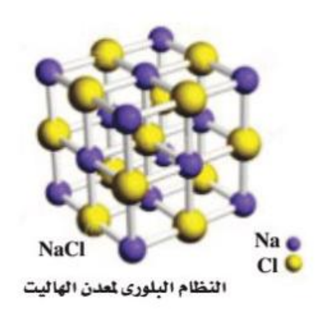
العنصر	النسبة المئوية
الأكسجين	٤٦,٦ ٪
السيليكون	٢٧,٧ ٪
الألومنيوم	٨,١ ٪
الحديد	٥,٠ ٪
الكالسيوم	٣,٦ ٪
الصوديوم	٢,٨ ٪
البوتاسيوم	٢,٦ ٪
الماغنسيوم	٢,١ ٪
بقية العناصر	١,٥ ٪

العناصر الشائعة فى القشرة الأرضية

المجموعات الكيميائية المكونة للمعادن

الترتيب	المجموعات المعدنية	أمثلة للمعادن
الأكثر	السيليكات	الكوارتز – الأرثوكليز – البلاجيوكليز – الميكا – الأمفيبول – البيروكسين – الأوليفين – الصوان
	الكربونات	الكالسيت – الدولوميت – الملاكيت
	الأكاسيد	الهيماتيت – الماجنيتيت
	الكبريتيدات	البيريت – الجالينا – السفاليريت
	الكبريتات	الجبس – الأنهيدريت – الباريت
الأقل	معادن عنصرية منفردة	الجرافيت – الذهب – النحاس – الكبريت – الماس

يتكون المعدن من ترتيب ذرات العناصر داخل المعدن الواحد ترتيباً منتظماً متناسقاً مكونة ما يعرف بالشكل البلورى. **البلورة** جسم هندسى مصمت لها أسطح خارجية مستوية تعرف بالأوجه البلورية. مثل النظام البلورى لمعدن الهاليت (كلوريد الصوديوم) والمعروف بالملح الصخرى الذى يتكون من إتحاد أيونات الصوديوم الموجبة مع أيونات الكلور السالبة فى نظام تكرارى ينتج عنه نظام بلورى مميز لمعدن الهاليت يكون على شكل مكعب .



النظام البلورى لمعدن الهاليت

التركيب البلوري للمعادن

- **الشكل البلوري للمعدن : يتكون المعدن من ترتيب ذرات العناصر داخل المعدن ترتيباً منتظماً متناسقاً.**
- **البلورة : جسم هندسي مصمت لها أسطح خارجية مستوية تعرف بالأوجه البلورية.**
- **مثال النظام البلوري لمعدن الهاليت (الملح الصخري) : (كلوريد الصوديوم NaCl) يتكون من اتحاد أيونات الصوديوم الموجبة مع أيونات الكلور السالبة في نظام تكراري يكون على شكل مكعب.**

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

العناصر الأساسية لدراسة بلورات المعادن

١. أطوال المحاور البلورية : يرمز لها بـ :

- (a - b - c) فى حالة اختلاف اطوال المحاور.
- (a_1 - a_2 - a_3) عند تساوى اطوال المحاور، من امثلتها:

➢ محور التماثل الرأسى : الخط الذى يمر بمركز البلورة وتدور حوله فيتكرر ظهور أوجه أو حروف أو زوايا البلورة مرتين أو أكثر.

المحاور البلورية لفصيلة المكعب

٢. الزوايا بين المحاور البلورية : ويرمز لها (α - β - γ).

٣. مستوي التماثل البلوري : هو المستوي الذي يقسم البلورة إلى نصفين متشابهين تماماً.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الأنظمة البلورية

- تقسم بلورات المعادن إلى ٧ أنظمة بلورية مختلفة.

النظام البلوري	وصف البلورة	المحاور البلورية	شكل البلورة
أنظمة لها ثلاثة محاور بلورية (وجه التشابه : متعامدة الزوايا)			
المكعبي	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية متساوية في الطول. الثلاث محاور متعامدة الزوايا. يتميز هذا النظام بأكبر قدر من التماثل البلوري ، له مستويات تماثل أفقية ورأسية ومائلة.	$(a_1 = a_2 = a_3)$ $(\alpha = \beta = \gamma)$	المكعب
الرباعي	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية، محوران متساويان في الطول والثالث يختلف عنهما في الطول، له مستويات تماثل أفقية ورأسية. الثلاث محاور متعامدة الزوايا.	$(a_1 = a_2 \neq c)$ $(\alpha = \beta = \gamma)$	الرباعي
المعيني القائم	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول ومتعامدة الزوايا، له مستويات تماثل أفقية ورأسية. الثلاث محاور متعامدة الزوايا.	$(a \neq b \neq c)$ $(\alpha = \beta = \gamma)$	المعيني القائم
أحادي الميل	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول، والثالث مائل عليهما، له مستوي تماثل واحد. ومعظم المعادن تنتمى إلى هذه الفصيلة . معظم المعادن تنتمي إلى هذه الفصيلة.	$(a \neq b \neq c)$ $(\alpha = \gamma \neq \beta)$	أحادي الميل
ثلاثي الميل	بلورة تشتمل ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول و ى الطول وغير متعامدة، ليس له أي مستويات تماثل.	$(a \neq b \neq c)$ $(\alpha \neq \beta \neq \gamma)$	ثلاثي الميل

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

أنظمة لها أربعة محاور بلورية			
النظام البلوري	وصف البلورة	المحاور البلورية	شكل البلورة
السداسي	• تشتمل البلورة ثلاثة محاور بلورية أفقية متساوية في الطول وتتقاطع مع بعضها في زوايا متساوية. • يتعامد عليهم محور رابع يختلف عنهم في الطول. • **المحور الرأسي سداسي التماثل.** • **يوجد مستوى تماثل أفقي.** • **تحتوي على مستويات تماثل أفقية ورأسية**	$(a_1 = a_2 = a_3 \neq c)$	السداسي
الثلاثي	• تشتمل البلورة ثلاثة محاور بلورية أفقية متساوية في الطول وتتقاطع مع بعضها في زوايا متساوية. • يتعامد علي مستواهم الأفقي محور رابع يختلف عنهم في الطول. • **المحور الرأسي ثلاثي التماثل.** • **لا يوجد مستوى تماثل أفقي.**	$(a_1 = a_2 = a_3 \neq c)$	

الخواص الفيزيائية للمعادن:

و لما كان أحد أهم واجبات الجيولوجى هو التعرف على المعادن بداية في أماكن وجودها فى الحقل فإنه يستخدم أولا الخواص الفيزيائية الظاهرة والتى تسهل ملاحظتها فى العينة اليدوية ليتوصل إلى تعريف المعدن مبدئياً التى يمكن تصنيفها إلى خواص بصرية و تماسكية و غيرها.

أولاً: الخواص البصرية : هى خواص تعتمد على تفاعل المعدن مع الضوء الساقط عليه والمنعكس منه وأهمها:

١) البريق : هو قدرة المعدن على عكس الضوء الساقط عليه.

أ) بريق فلزى : بعض المعادن له بريق فلزى والتى تعكس الضوء بدرجة كبيرة بحيث يكون المعدن لامعاً مثل (البيريت - الجالينا – الذهب)



البيريت

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



ب) بريق لا فلزى : أما المعادن التى لها بريق لا يشبه بريق الفلزات فإن بريقها لا فلزى يوصف بما يشابهه مثل البريق الزجاجى مثل **الكوارتز والكالسيت**، والبريق اللؤلؤى مثل الفلسبار، ثم البريق الترابى ما كان سطحه مطفيا أو غير براق مثل الكاولينيت.

٢) اللون : يعتمد لون المعدن على طول الموجات الضوئية التى تنعكس منه و تعطى الإحساس باللون. و مع أن لون المعدن هو أكثر صفاته وضوحا إلا أنه صفة قليلة الأهمية نسبيا فى التعرف على المعادن ، حيث تتغير ألوان غالبية المعادن باختلاف تركيبها الكيميائى (فى الحدود المسموح بها و التى لا تغير من الترتيب الذرى المميز للمعدن) أو احتوائه على نسبة من الشوائب. من أمثلة ذلك:

أ) **معدن الكوارتز** الذى يتواجد فى ألوان متعددة منها الوردى لوجود شوائب من المنجنيز والبنفسجى (الأميثيست) يحتوى شوائب من أكاسيد الحديد. و الكوارتز الأبيض فى لون الحليب الذى يحتوى شوائب من فقاعات غازية كثيرة. بينما يكون الكوارتز النقى شفافا لا لون له ، و يعرف باسم البلور الصخرى.

ب) **معدن السفاليرايت** (كبريتيد الزنك) ذو اللون الأصفر الشفاف والذى يتحول إلى اللون البنى بإحلال بعض ذرات الحديد بنسبة قليلة محل بعض ذرات الزنك.

ليست كل المعادن ذات ألوان مختلفة بل إن بعضها له لون ثابت يعرف باللون الأصلى للمعدن مثل اللون الأصفر لمعدن **الكبريت** واللون الأخضر لمعدن **الملاكيت** (كربونات النحاس المائية)

٣) المخدش : هو لون مسحوق المعدن الذى نحصل عليه بحك المعدن فوق قطعة من خزف غير مصقول. يتميز لون المخدش بأنه ثابت فى المعادن التى يتغير لونها بتغير نوع أو كمية الشوائب بها، و بذلك فهو أحد الخواص التى يمكن الاعتماد عليها فى التعرف على المعادن. مثل معدن الهيماتيت الذى له لون رمادى غامق أوأحمر فله مخدش أحمر والبيريت الذى يتميز باللون الذهبى له مخدش أسود، والكوارتز ذو الألوان المتعددة له مخدش واحد هو الأبيض.



الأوبال

٣) عرض الألوان : حيث يتغير لون المعدن مع تحريك المعدن أمام عين الانسان فى الاتجاهات المختلفة التى توجد فى الأحجار الكريمة التى تستغل للزينة مثل :

- **الماس** يفرق شعاع الضوء الساقط عليه نتيجة انكساره إلى اللونين الأحمر و البنفسجى.
- **معدن الأوبال** الثمين يتميز بخاصية اللألأة حيث يتموج بريق المعدن باختلاف إتجاه النظر إليه.

ثانيا: الخواص التماسكية للمعادن

١) الصلادة : هى درجة مقاومته للخدش أو البرى- و نحددها نسبيا حيث يخدش المعدن الأكثر صلادة المعدن الأقل صلادة عند احتكاكه به. الصلادة خاصية سهلة التعيين بإستخدام القيم العددية التى حددها

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

العالم موهس (Mohs) للصلادة و مقياس موهس للصلاده هو كالتالى:

مقياس الصلاده

المعدن	تلك	جبس	كالسيت	فلوريت	أباتيت	أرثوكليز	كوارتز	توباز	كوراندوم	ماس
الصلادة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
أدوات شائعة		ظفر الإنسان	عملة نحاسية		قطعة الزجاج	المخدش الخزفي				
الصلادة		(٢,٥)	(٣,٥)		(٥,٥)	(٦,٥)				

تعيين الصلادة فى الحقل أو المعمل : يسهل تعيين الصلادة أثناء الرحلات الجيولوجية أو المعمل بإستخدام أقلام الصلادة المصنوعة من سبائك ذات درجات الصلادة المحددة. أو نستعين بأشيـاء شائعة الاستعمال فى حياتنا اليومية معروفة الصلادة والمحددة في جدول الصلادة .

٢) الانفصام : قابلية المعدن للتشقق على طول امتداد مستويات ضعيفة الترابط نسبيا تنتج عنها سطوح ملساء عند كسر المعدن أو الضغط عليه.

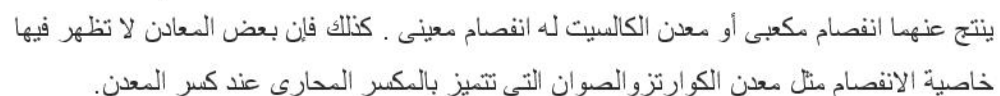
أنواع الانفصام:

أ) الانفصام فى اتجاه واحد : مثل معدن الميكا الذى يتميز بانفصام جيد فى اتجاه واحد ويعرف بالانفصام الصفائحى، وكذلك معدن الجرافيت الذى يتميز بانفصام قاعدى جيد فى اتجاه مواز لقاعدة البلورة.



معدن الجالينا

ب) الانفصام فى أكثر من اتجاه : لبعض المعادن أكثر من مستوى انفصام يمكن وصفها بعدد المستويات والزوايا بينها ، كما فى معدن الهاليت والجالينا مثلا الذى ينتج عنهما انفصام مكعبى أو معدن الكالسيت له انفصام معينى . كذلك فإن بعض المعادن لا تظهر فيها خاصية الانفصام مثل معدن الكوارتز والصوان التي تتميز بالمكسر المحارى عند كسر المعدن.



٣) القابلية للسحب والطرق : خاصية تعبر عن مدى إمكانية تشكيل المعدن بالطرق والسحب إلى رقائق أو أسلاك مثل الذهب والفضة والنحاس.

كما أن هناك خواص للتعرف على المعادن مثل الوزن النوعى وتتميز بعض المعادن بالوزن النوعي الثقيل مثل الجالينا الذى يصل وزنه النوعى ٧,٥ والذهب وزنه النوعى ١٩,٣ والخواص المغناطيسية من حيث إنجذابها مع المغناطيس مثل الماجنيتيت.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الصخور

الصخر : جسم طبيعى صلب ً يتكون غالباً من عدة معادن مجتمعة معا بنسب مختلفة وأحيانًا يتكون من معدن واحد فقط.

أنواع الصخور : تتكون القشرة الأرضية من الصخور التي يمكن تقسيمها حسب نشأتها إلى ثلاثة أقسام هى الصخور النارية والرسوبية والمتحولة.

أهم الفروق بين أنواع الصخور الثلاثة:

- **الصخور النارية** : كتلية الشكل متبلرة غير مسامية لا تحتوى على أحافير.
- **الصخور الرسوبية** : طباقية الشكل نادرة التبلر غالبا مسامية وتحتوى غالباً على أحافير.
- **الصخور المتحولة** : متورقة أو كتلية متبلرة غير مسامية قد تحتوى على أحافير مشوهة.

الصخور النارية (Igneous Rocks)

هى أول صخور تكونت من صخور القشرة الأرضية وجميع الصخور الأخرى ناتجة عنها بفعل العمليات الجيولوجية المختلفة وتسمى أم الصخور أو الصخور الأولية وتكونت نتيجة تبريد وتبلور الصهير (مصهور الصخر) عندما تنخفض درجة حرارتها سواء كان ذلك داخل الأرض أو على سطح الأرض.

الصهير الذى يطلق عليه الماجما أو اللافا، هو سائل لزج يتكون أساسا من العناصر الثمانية الموجودة فى معادن السليكات على صورة أيونات بالإضافة إلى بعض الغازات والتى من أهمها بخار الماء وتبقى هذه العناصر محبوسة داخل ذلك السائل اللزج تحت الضغط الواقع على الصهير فى الجزء العلوى من الوشاح والذى يتميز بأن صخوره لدنة مائعة.

تكوين الصخور النارية:-

أوضحت التجارب التى قام بها العالم بوين أن الماجما عندما تنخفض درجة حرارتها وتبدأ عملية التبلر فإن أول المعادن تبلورا هى المعادن الغنية بعناصر الحديد والماغنيسيوم والكالسيوم وبذلك تقل هذه العناصر في صورتها الأيونية ويصبح الصهير غنى بعنصرى الصوديوم والبوتاسيوم كما يزداد محتواه من السليكون حيث يتبلور هذا الجزء فى المراحل الأخيرة من التبلور وقد أوضح بوين هذا التفاعل فى مخطط عرف باسم متسلسلة تفاعلات بوين.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

درجات الحرارة	متسلسلة تفاعل بوين	التركيب (أنواع الصخور)
درجة الحرارة المرتفعة (~1200°C)	غنية بعنصري الحديد والماغنسيوم أوليفين بيروكسين غني بالكالسيوم	فوق قاعدية (بريدوتيت/ كوماتيت)
تبريد الصهارة	أمفيبول سلسلة غير متواصلة من التبلور البلاجيوكليز سلسلة متواصلة من التبلور	قاعدية (جابرو / بازلت)
	ميكا بيوتيت غني بالصوديوم	متوسطة (دايورايت / أنديزيت)
درجة الحرارة المنخفضة (~750°C)	غني بالبوتاسيوم فلسبار بوتاسي (أرثوكليز) ميكا مسكوفيت كوارتز	حمضية (جرانيت / رايوليت)

ونلاحظ أن الصهير عند تبلوره يتكون من ستة مجموعات أو فصائل معدنية :

يتكون من ستة مجموعات أو فصائل معدنية:-

* الأوليفين (أول المجموعات المعدنية تبلورا)
* البيروكسين * الأمفيبول
* الفلسبارات (البلاجيوكليزى والأرثوكليز)
* الميكا (البيوتيت والمكسوفيت)
* الكوارتز وهو آخر المعادن تبلورا

أسس تقسيم الصخور النارية ويمكن تقسيم الصخور النارية حسب الصفات الآتية:

١) التركيب المعدنى للصخور والذى يعتمد على التركيب الكيميائى

٢) مكان تبلور الصخور والذى يؤثر على سرعة تبريدها وشكل نسيجها

أولاً : التقسيم حسب التركيب المعدنى للصخور :

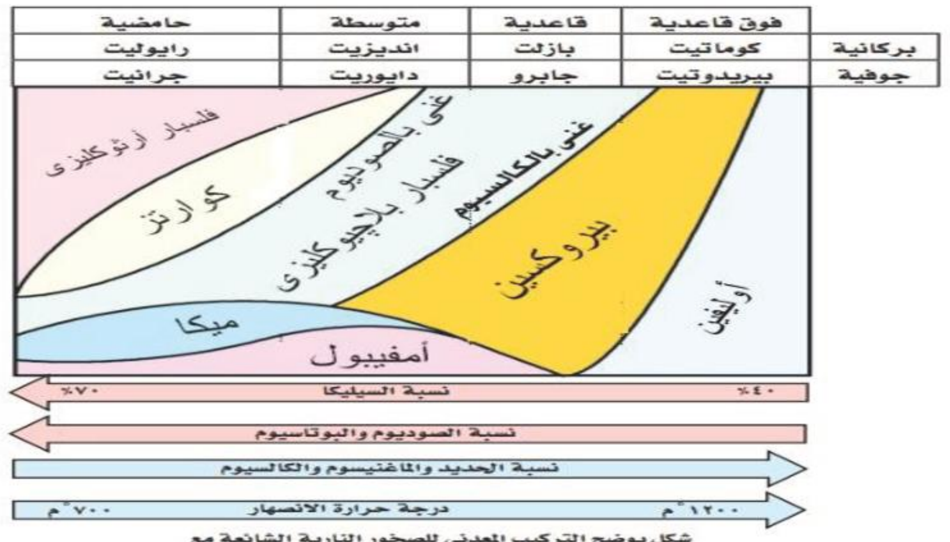
أ - صخور نارية فوق قاعدية:- صخور فقيرة فى السيليكا حيث تقل فيها نسبة السيليكا عن ٤٥٪ ، أول الصخور تكونا عند تبلور الصهير ، لذلك تكون غنية بالمعادن التى تحتوى على من الحديد والماغنيسيوم والكالسيوم مما يوضح سبب لونها الأسود الغامق ، غنية بمعدنى الاوليفين والبيروكسين ونسبة قليلة من البلاجيوكليز الكلسي ومن أمثلتها صخر البيريدوتيت الجوفى وصخر الكوماتيت السطحى.

ب - صخور نارية قاعدية:-

صخور فقيرة فى السيليكا تتروح نسبة السيليكا من ٥٥٪ إلى ٤٥٪ تتبلور فى درجات الحرارة المرتفعة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أكثر من ١١٠٠ درجة مئوية، لونها أسود غامق مثل الأوليفين، البيروكسين والفلسبار البلاجيوكليز الكلسى، وبعض الأمفيبول، ومن أمثلتها الجابرو الجوفى، الدوليرايت ذو النسيج البورفيرى ، والبازلت أشهر الصخور البركانية انتشارا على سطح الأرض ويستخدم فى أعمال الرصف.



	فوق قاعدية	قاعدية	متوسطة	حامضية
بركانية	كوماتيت	بازلت	انديزيت	رايوليت
جوفية	بيريدوتيت	جابرو	دايوريت	جرانيت

شكل يوضح التركيب المعدنى للصخور النارية الشائعة مع توضيح نسبة السيليكا والعناصر ودرجة حرارة التبلور

جـ - صخور نارية متوسطة:-

صخور متوسطة التركيب الكيميائى والمعدنى حيث تحتوى على السيليكا بنسبة تتراوح من ٦٦٪ إلى ٥٥٪ تحتوى الفلسبار البلاجيوكليزي والبيروكسين والأمفيبول والميكا والكوارتز ونسبة من الفلسبار البوتاسى ، تتبلور فى درجة حرارة متوسطة، لونها متوسط بين الفاتح والغامق ، ومن أمثلتها الدايورايت ذو النسيج الخشن ، والميكرودايورايت ذو النسيج البورفيرى ، وأشهرها الأنديزيت البركانى نسبة إلى جبال الأنديز.

د - صخور نارية حمضية:-

هى صخور تحوى نسبة من السيليكا أكثر من ٦٦٪ والفلسبار البوتاسى والصودى، والميكا، والكوارتز بنسبة ٢٥٪ والأمفيبول لونها وردى فاتح، تتبلور فى درجة حرارة منخفضة أقل من ٨٠٠ درجة مئوية، ومن أمثلتها وأشهرها الجرانيت ذو النسيج الخشن شائع الاستعمال فى عمليات البناء لجماله الطبيعى، والميكروجرانيت ذو النسيج البورفيرى، الرايوليت وهو بركانى دقيق التبلور، وكذلك الأوبسيديان زجاجى النسيج والبيومس الغنى بالفقاعات الغازية لذلك فإنه يتميز بوزن خفيف.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

ثانياً : التقسيم حسب مكان التبلور وشكل النسيج :

أ - صخور نارية جوفية (باطنية):-

يؤدى التبريد البطيء الذى يتم فى باطن الأرض بعيداً عن السطح إلى إعطاء الفرصة لكمية كبيرة من الأيونات لكى تتجمع على مركز التبلور الواحد فيتكون نسيج خشن وبه عدد قليل من البلورات كبيرة الحجم مثل الجرانيت والدايورايت والجابرو والبريدوتيت .

ب - صخور نارية متداخلة:-

وعندما يندفع الصهير فى اتجاه سطح الأرض لكن الظروف المحيطة لم تسمح له بمواصلة السير حتى السطح فيتداخل فى الصخور المحيطة به ثم يبرد ويتخذ أشكالا متعددة ويتكون صخور نسيجها من بلورات كبيرة تكونت عندما كان الصهير فى باطن الأرض يبرد ببطء وبلورات أصغر حجما تبلورت فى الموقع الجديد الأقرب إلى السطح حيث سرعة التبرد أكبر مكونا الصخور النارية المتداخلة والتى يعرف نسيجها بالنسيج البورفيرى حيث توجد بلورات كبيرة الحجم وسط أرضية من بلورات أصغر حجماً لكنها غالباً من نفس التركيب المعدنى مثل : دوليرايت وميكروديورايت وميكروجرانيت.

جـ - صخور نارية بركانية (سطحية):-

عندما تخرج الحمم البركانية (اللافا) أثناء الثورات البركانية فوق السطح أو بالقرب من سطح الأرض فإن الصهير يبرد بسرعة كبيرة حيث لم تأخذ فرصة كافية للتبلور فيكون النسيج زجاجياً أى عديم التبلور مثل الأوبسيديان أو دقيق التبلر بلورات مجهرية كثيرة العدد لا ترى بالعين المجردة مثل الرايوليت أو نسيج فقاعى بسبب وجود فقاعات غازية أثناء التبلر مثل البيومس أما صخور البازلت والأنديزيت والكوماتيت فيكون. النسيج زجاجيا أو دقيق التبلور.

الصخور النارية المكافئة : هى صخور لها نفس التركيب الكيميائى والمعدنى وتختلف فى مكان النشأة والنسيج وحجم الحبيبات ومن أمثلها:

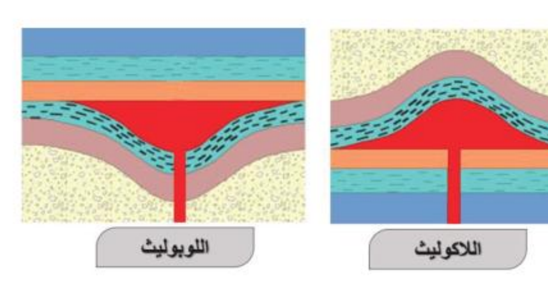
الجرانيت (جوفى خشن) والميكروجرانيت (متداخل بورفيرى) والرايوليت (سطحى دقيق.)

الأشكال والأوضاع التى تتخذها الصخور النارية فى الطبيعة:-

أولاً: أشكال الصخور النارية تحت السطحية :

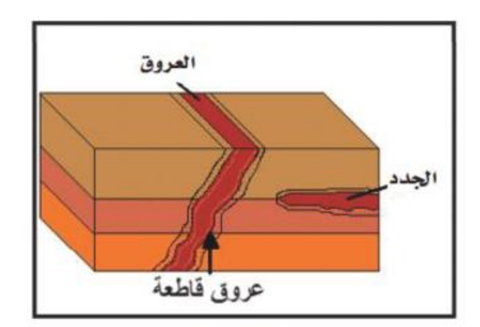
١) **الباثوليث** : أكبر الكتل النارية المعروفة وتمتد مئات الكيلومترات وسمكها عدة كيلومترات.

٢) **القباب** : وتنتج من صعود الماجما خلال فتحة ضيقة ثم تتجمع بدلا من انتشارها أفقيا وقد تكون قبة عادية وتسمى اللاكوليث فى حالة الماجما عالية اللزوجة وضغطها على ما فوقها



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

من صخر فتنثنى لأعلى مكونة اللاكوليث ثنية محدبة، أو تكون قبة مقلوبة وتسمى اللوبوليث عندما تكون الماجما قليلة اللزوجة وتسبب انثناء الصخور أسفلها مكونة طية مقعرة .



العروق والجدد

٣) العروق : تنتج من تداخل الماجما فى الصخور المحيطة بها بحيث تكون قاطعة لها.

٤) الجدد : تنتج من تداخل الماجما فى الصخور المحيطة بها بحيث تكون موازية لأسطح الطبقات وغير قاطعة لها.

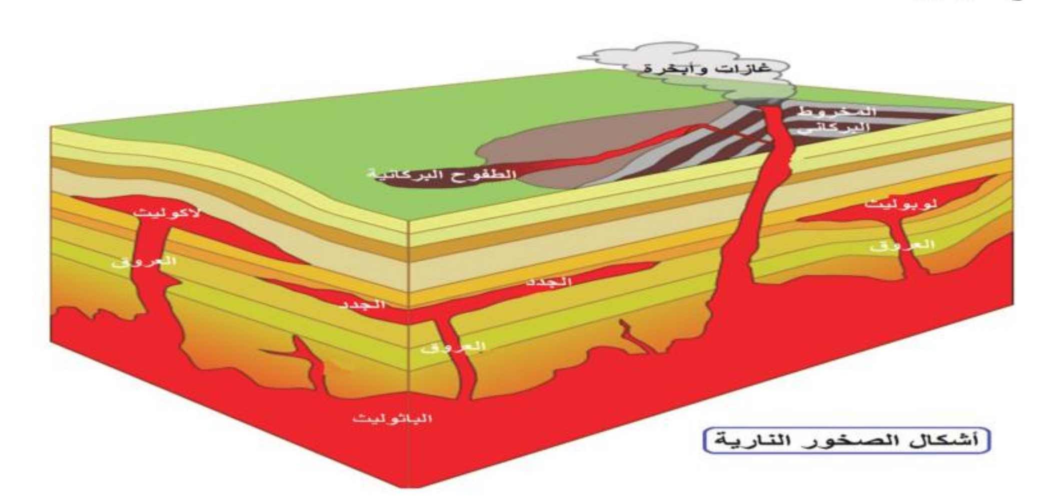
ثانياً: أشكال الصخور النارية البركانية السطحية :

١) الطفوح البركانية :اللافا المتصلدة على سطح الأرض تنتج من ثورات البراكين وتأخذ أشكال الجبال أو الوسائد.

٢) المواد النارية الفتاتية :تنتج من تكسير أعناق البراكين ومنها:

- **البريشيا البركانية** : قطع ذات زوايا حادة تتراكم حول البركان.
- **الرماد البركانى :** حبيبات دقيقة الحجم تحملها الرياح لمسافات كبيرة لتسقط فى قارة أخرى.

٣) المقذوفات البركانية :كتل صخرية بيضاوية الشكل تتألف من مواد اللافا عند تجمدها بالقرب من سطح الأرض.



أشكال الصخور النارية

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الصخور الرسوبية (Sedimentary Rocks)

هى صخور تكونت نتيجة تفتيت صخور قديمة نارية ورسوبية ومتحولة بعوامل التجوية ثم نقل الفتات بعوامل نقل طبيعية ثم ترسيبها وتماسكها.

تكوينها :

تتكون الصخور الرسوبية نتيجة تفتيت صخور قديمة نارية ورسوبية ومتحولة بعوامل التجوية والتى تنقلها عوامل النقل الطبيعية وتصل بها إلى أحواض الترسيب فترسبها فى طبقات متوازية.

المميزات :

- تغطى حوالى ثلاثة أرباع سطح الأرض لكن فى طبقات رقيقة نسبياً حيث أنها لا تمثل أكثر من ٥٪ من حجم صخور القشرة الأرضية.
- كثيراً منها مهم اقتصادياً مثل رواسب الحجر الجيرى والفوسفات والفحم والحديد وكذلك الحجر الرملي.
- تضم صخوراً طينية يتكون فيها البترول والغاز الطبيعى والكيروجين وكذلك صخورا مسامية مثل الحجر الرملى والجيرى والرمال التى يختزن فيها النفط والغاز والمياه الجوفية.
- أنواع الصخور الرسوبية قليلة بالنسبة للنارية والمتحولة تسود ثلاثة منها هى الصخور الطينية والصخور الرملية والصخور الجيرية التى تكون حوالى ٩٠٪ من الصخور الرسوبية.

تصنيف وتقسيم الصخور الرسوبية

التقسيم الشائع للصخور الرسوبية حسب طريقة تكونها كما يلى:

أولا: الصخور الرسوبية الفتاتية :تقسم حسب الحجم السائد لمكوناتها الصلبة إلى:

رواسب	المكونات	الحجم (القطر) ١مم = ١٠٠٠ ميكرون	الصخر المتماسك بمادة لاحمة
الزلط	الحصى والجلاميد	يزيد عن ٢ مم (أكبر من ٢٠٠٠ ميكرون)	الكونجلوميرات (مستدير) البريشيا (حاد الحواف)
الرمل	حبيبات الكوارتز	٦٢ ميكرون -٢مم (٦٢ - ٢٠٠٠ ميكرون)	الحجر الرملي
الطين	الغرين	٤ - ٦٢ ميكرون	الصخور الطينية الطين الصفحي (الطفل) تتكون الصخور الطينية تحجر رواسب الطين.
	الصلصال	أقل من ٤ ميكرون	

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

			عند تضاغط مكونات الصخور الطينية وتماسكها تظهر فيها خاصية التورق وتسمى الطفل أو الطين الصفحى

ثانياً : الصخور الرسوبية كيميائية النشأة:

تتكون الصخور الرسوبية الكيميائية نتيجة ترسب الأملاح الذائبة فى الماء عند تبخر الماء وزيادة تركيز الأملاح أو نتيجة التفاعلات الكيميائية.

وتقسم الصخور الرسوبية الكيميائية إلى:

صخور الكربونات : مثل الحجر الجيرى (صواعد وهوابط) والدولوميت.

صخور سيليكاتية : مثل صخر الصوان الفاتح والغامق.

صخور متبخرات : مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية) والأنهيدريت (كبريتات كالسيوم لا مائية) وملح الطعام الصخرى وهو معدن الهاليت (كلوريد الصوديوم) التى تترسب نتيجة تبخر المياه

ثالثا : الصخور الرسوبية العضوية (البيوكيميائية) :

الأحياء البحرية تبنى الأجزاء الصلبة من هيكلها الداخلى أو الخارجى من كربونات الكالسيوم التى تستخلصها من ماء البحر وبعد موتها تتراكم هذه الهياكل مكونة صخور عضوية مثل **صخور الحجر الجيرى** الغنية بالحفريات أى البقايا الصلبة للأحياء البحرية من فقاريات (أسماك) ولافقاريات من محاريات وشعاب مرجانية وأحياء دقيقة الحجم مثل الفورامنيفرا أيضاً **صخور الفوسفات** التى تحتوى على بقايا حفرية لحيوانات بحرية فقارية تحتوى الفوسفات بالإضافة إلى مكونات معدنية فوسفاتية.

مصادر الطاقة فى الصخور الرسوبية العضوية والبيوكيميائية

١) **الفحم** :من الرواسب العضوية ذو القيمة الاقتصادية هو الفحم الذى يتكون نتيجة دفن مواد نباتية فى باطن الأرض بعيداً عن الأوكسجين لمدة طويلة حتى تفقد الأنسجة النباتية المواد الطيارة ويتركز الكربون مكونا الفحم يتم ذلك عادة فى مناطق المستنقعات خلف دلتات الأنهار حيث الظروف ملائمة للطمر (الدفن) السريع للبقايا النباتية بمعزل عن الهواء .

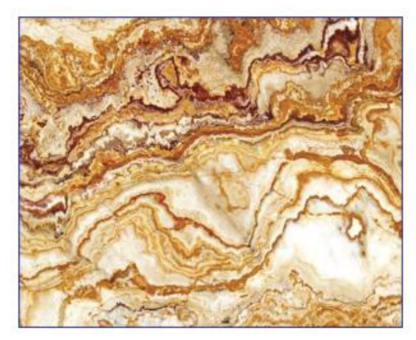
٢) **النفط والغاز** : لا يعتبر كل من النفط والغاز رواسب لكنهما يتكونان ويختزنان فى الصخور الرسوبية. وقد تكونت هذه المواد الهيدروكربونية أى التى تتكون من الكربون والهيدروجين من تحلل البقايا الحيوانية والنباتية البحرية الدقيقة بمعزل عن الهواء بعد ترسيبها مع الصخور الطينية التى تعرف بصخور المصدر ، حيث تنضج عند عمق ٢ إلى ٤ كيلو متر فى باطن الأرض وفى درجات حرارة بين ٧٠ إلى ١٠٠ درجة مئوية وتتحول إلى الحالة السائلة والغازية للهيدروكربون ، وبعد ذلك تتحرك أو تهاجر إلى صخور الخزان المسامية المكونة من الرمال والحجر الرملى والحجر الجيرى أحياناً.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣) الطفل النفطى : هو صخر طينى غنى بالمواد الهيدروكربونية والتى أغلبها من أصل نباتى توجد فى حاله شمعية صلبة تعرف بإسم الكيروجين تتحول إلى مواد نفطية عند تسخين الصخر إلى درجة ٤٨٠ درجة مئوية تقريبا، مصدر مهم من مصادر الطاقة ولا يستغل حالياً لكنه يبقى كاحتياطى لحين نفاذ كميات البترول من الأرض ، ولن يبدأ استغلاله كوقود قبل أن يصبح سعر إنتاجه منافسا لسعر النفط.

الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks)

تكوينها : هى صخور نارية أو رسوبية تأثرت بحرارة شديدة أو ضغط كبير أو ضغط وحرارة معا فتحولت إلى صخور ذات صفات جديدة لا تنتمى لأى من النوعين.



يتحول الصخر أى يتغير إلى هيئة أخرى إذا تعرض لظروف إرتفاع الحرارة أوالحرارة والضغط بحيث يصبح فى حاجة إلى إعادة توازنه وتبلوره ليتلاءم مع هذه الظروف وبالتالى فإن أى صخر سواء كان نارياً أو رسوبياً أو حتى متحولاً يكون عرضة للتحول تحت ظروف ارتفاع الحرارة والضغط فى باطن الأرض.

مظاهر التحول:-

يظهر ذلك بتغيير معادنه إلى معادن جديدة أحياناً . كذلك نسيجه الصخرى بحيث يصبح أكثر تبلوراً أو تترتب معادنه فى اتجاهات عمودية على اتجاه تأثير الضغط الواقع عليها أثناء نموها .

أنواع الصخور المتحولة:-

١) صخور متحولة كتلية : وهى التى نشأت من تحول الصخور تحت تأثير الحرارة عند ملامسة أو ملاصقة الصخر لكتلة من الصهير ويقل تأثير التحول تدريجيا كلما ابتعدنا عن منطقة التلامس حيث يحدث زيادة فى حجم البلورات مكونة نسيج حبيبى كما يحدث مع صخر الكوارتزايت الناتج من تحول الكوارتز فى الصخور الرملية عند تعرضها للحرارة الشديدة ، وكذلك مع صخر الرخام الناتج من تعرض الحجر الجيرى لحرارة شديدة فى باطن الأرض حيث تتلاحم بلورات الكالسيت وتتداخل مما يزيد من صلابة الرخام وقوة تماسكه ، كثير من أنواع الرخام ذات ألوان وتعرق متغير بسبب أنواع من الشوائب مما يجعل استخدامه كواحد من أحجار الزينة أمراً مستحباً.

٢) صخور متحولة متورقة :

وهى التى نشأت من تحول الصخور تحت تأثير الحرارة والضغط حيث تترتب البلورات التى نمت تحت تأثير الحرارة فى اتجاهات محددة وتكون على هيئة رقائق أو صفائح متعامدة على اتجاه الضغط مكونة نسيج متورق ومنها صخر الاردواز الناتج من تحول صخور الطفل تحت ضغط مرتفع وحرارة منخفضة نسبيا أقل من ٢٠٠°م ويستخدم فى أعمال البناء .

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

وصخور الشيست وهى أنواع أهمها الشيست الميكائى الذى تظهر فيه خاصية التورق نتيجة ترتيب بلورات الميكا فى الصخر الطينى بعد نمو البلورات بتأثير ارتفاع الحرارة ويكون فى اتجاه عمودى على اتجاه الضغط لتقليل تأثيره ، ويتكون من صفائح رقيقة متشابهة فى تركيبها المعدنى متصلة غير متقطعة ، بينما النيس وهو متحول من تعرض الجرانيت للحرارة والضغط بلورات معادنه مرتبة فى صفوف متوازيه ومتقطعة.

دورة الصخور فى الطبيعة

كان العالم الاستكلندى جيمس هاتون فى عام 1785هو أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة المعروفة على سطح الأرض وتأثير الغلافين الجوى والمائى وما يحدث بينها من عمليات جيولوجية تؤدى إلى تغير نوع من الصخور إلى نوع آخر فى دورة واحدة تسمى **دورة الصخور**.

مراحل دورة الصخور:-

- **عملية التجوية** : تفتيت وتحلل صخور القشرة الأرضية بعوامل الجو وتنقسم إلى ميكانيكية وكيميائية.
- **عملية النقل** : تنقل الفتات الناتج من التجوية بعوامل النقل الطبيعية بالاضافة للجاذبية الأرضية فيتعرى سطح جديد لتنشط عملية التجوية.
- **عملية الترسيب** : عندما يفقد عامل النقل قدرته على حمل الفتات فيرسب ما يحمله على صورة رواسب.
- **عملية التحجر أو التصخر** : تتماسك الرواسب مكونة صخور رسوبية عند تضاغطها أو تماسكها بمادة لاحمة.
- **عملية التحول** : عند تعرض الصخور لإرتفاع الحرارة أو الحرارة مع الضغط تتكون صخور جديدة تسمى صخور متحولة ملائمة للظروف التي تعرضت لها.
- **عملية الإنصهار** : عندما ترتفع درجة الحرارة التي تتعرض لها الصخور إلى درجة الإنصهار فإنها تنصهر مكونة الصهير.
- **عملية التبريد والتبلور** : عندما تخرج الصهارة من موقعها فتفقد حرارتها وتبرد وتتبلور مكونة صخور نارية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK